

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**FORMULACIÓN DE UNA CREMA PROTECTORA  
SOLAR UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
QUÍMICO**

**LAVADO TUEROS OSCAR PEDRO SERGIO**

**RAMÍREZ SILVA LUIS ERNESTO**

**TOLENTINO PATIÑO SHIRLEY**

**Callao, abril, 2016**

**PERÚ**





## **DEDICATORIA**

*Dedicado a nuestras familias por su apoyo y aliento para realizar ésta investigación, a las personas que se encuentran investigando soluciones para nuestra salud y a todos aquellos que sacrifican horas de sueño y recreación para dejar huella en la historia de la humanidad.*

## AGRADECIMIENTO

Al Q.F. Tapia Chacaltana, Walter, profesor de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, quién sin interés alguno nos enseñó el uso del espectrofotómetro del Laboratorio de Investigación y que sin duda nos permitió llegar al final de esta investigación.

Al Ing. Chirinos Meza, Alexander, egresado de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao quién nos aconsejó y encaminó en los análisis de laboratorio gracias a su amplia experiencia en análisis de aceites y grasas.

A nuestro asesor principal, Ing, Ávalos Jacobo, Victor Hugo, quien nos brindó su apoyo desde que esta investigación era apenas un proyecto, nos motivó a continuar con la investigación y nos otorgó parte de su tiempo para sentarse con nosotros a revisar la presente investigación para orientarnos hacia el camino correcto.

Al Sr. Gutierrez Zedano, Juan José, encargado de mantenimiento de las instalaciones del Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) por su dedicación y tiempo para el apoyo de la presente investigación.

A nuestros padres por habernos brindado la oportunidad de estudiar Ingeniería Química, por su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	6
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	9
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	10
<b>RESUMEN</b>	13
<b>ABSTRACT</b>	14
<b>I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	15
1.1 Identificación del problema	15
1.2 Formulación del problema	22
1.3 Objetivos de la investigación	23
1.4 Justificación	23
1.5 Importancia	25
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	28
2.1 Antecedentes del estudio	28
2.2 Marco teórico	32
2.2.1 Historia del café	32
2.2.2 El café	33
2.2.3 Tipos de café	35
2.2.4 Usos del café	38
2.2.5 Composición química del café	40
2.2.6 El aceite de café y su extracción	42
2.2.7 Radiación UV	47
	1

2.2.8 Protector solar en crema	53
2.2.9 Filtros solares	60
2.2.10 Espectrofotometría	62
2.2.11 Espectrofotómetro	64
2.2.12 Proceso de fabricación de una crema protectora solar	66
2.3 Términos y definiciones	67
<b>III. VARIABLES E HIPÓTESIS</b>	<b>71</b>
3.1 Variables de la investigación	71
3.1.1 Variable dependiente	71
3.1.2 Variables independientes	71
3.2 Operacionalización de variables	72
3.3 Hipótesis	73
3.3.1 Hipótesis general	73
3.3.2 Hipótesis específicas	73
<b>IV. METODOLOGÍA</b>	<b>74</b>
4.1 Tipo de investigación	74
4.2 Diseño de la investigación	74
4.3 Población y muestra	76
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	76
4.4.1 Lugar de ejecución	76
4.4.2 Técnicas de recolección de datos	77
4.4.3 Instrumentos de recolección de datos	78
4.5 Procedimientos de recolección de datos	81

4.5.1 Acondicionamiento de la materia prima	81
4.5.2 Extracción del aceite de café	85
4.5.3 Análisis fisicoquímico del aceite de café	96
4.5.4 Formulación de una crema protectora solar base	105
4.5.5 Formulación de una crema protectora solar utilizando aceite de café	106
4.5.6 Determinación del factor de protección solar	108
4.5.7 Análisis de la estabilidad de la crema protectora solar	110
4.5.8 Pruebas de aplicación directa sobre la piel	113
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos	113
4.6.1 Ensayos preliminares	113
4.6.2 Rendimiento óptimo de la extracción de aceite de café	115
4.6.3 Formulación final de la crema protectora solar utilizando aceite de café	115
<b>V. RESULTADOS</b>	116
5.1 Análisis fisicoquímico del aceite de café	116
5.1.1 Resultados de la extracción de aceite de café por método sohxlet	116
5.1.2 Resultados de extracción de aceite por extrusión	117
5.1.3 Resultados de extracción de aceite de café por el método de arrastre de vapor.	119
5.2 Análisis Disicoquímicos del aceite de café	120

5.2.1 Resultados de la determinación de humedad del aceite de café	120
5.2.2 Resultados de la determinación del porcentaje de cenizas en el aceite de café	120
5.2.3 Determinación del porcentaje de impurezas insolubles en el aceite de café	121
5.2.4 Determinación el porcentaje de acidez libre del aceite de café	122
5.2.5 Determinación del índice de saponificación del aceite de café	122
5.2.6 Determinación de la densidad relativa del aceite de café	123
5.2.7 Determinación del pH del aceite de café	124
5.3 Resultados de las proporciones para la formulación de la crema protectora solar utilizando aceite de café	124
5.4 Resultados del factor de protección del aceite de café.	126
5.5 Resultados del factor de la crema protectora solar utilizando aceite de café	127
5.5.1 Determinación del pH y el FPS de la crema protectora solar utilizando aceite de café a 0, 30 y 60 días.	128
<b>VI.DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>130</b>
6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados	130
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	131

6.2.1 Análisis de características fisicoquímicas del aceite de café	131
6.2.2 Análisis de las características fisicoquímica de una crema protectora solar utilizando aceite de café	136
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>137</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b>	<b>139</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°1.1 Índice de radiación ultravioleta en Lima metropolitana, promedio y máximo, 2010-2014	17
CUADRO N°1.2 Distribución de casos de cáncer según localización topográfica y sexo. Perú, 2006-2011	19
CUADRO N°1.3 Exportaciones de café por principales países entre 2011 y 2012 (en miles de TM)	26
CUADRO N° 2.1 Variedades Arábicas Cultivadas En El Perú según zona productora: 2013	37
CUADRO N° 2.2 Categorías de exposición a la radiación UV	51
CUADRO N° 2.3 Correspondencia del FPS y el porcentaje de filtro UVB	56
CUADRO N° 4.1 Variables del diseño factorial para la obtención del aceite de café por extrusión	90
CUADRO N° 4.2 Insumos de la crema protectora solar base	105
CUADRO N° 4.3 Insumos de la crema protectora solar base utilizando aceite de café	107
CUADRO N° 5.1 Rendimiento del método Soxhlet según el grado de tueste	116
CUADRO N° 5.2 Variables del diseño factorial para la obtención del aceite de café por extrusión	117
CUADRO N° 5.3 Datos del diseño factorial	118



CUADRO N° 5.4 Cantidades de café y porcentaje del aceite de café recuperado por extrusión para condiciones óptimas	119
CUADRO N° 5.5 Porcentaje del aceite de café recuperado por el método de arrastre de vapor	119
CUADRO N° 5.6 Resultados de la determinación de humedad del aceite de café	120
CUADRO N° 5.7 Resultados de la determinación del porcentaje de cenizas en el aceite de café	121
CUADRO N° 5.8 Resultados del porcentaje de impurezas insolubles en el aceite de café	121
CUADRO N° 5.9 Porcentaje de acidez libre en el aceite de café	122
CUADRO N° 5.10 Resultados del índice de saponificación del aceite de café	123
CUADRO N° 5.11 Resultados de la densidad relativa del aceite de café	123
CUADRO N° 5.12 Resultados de las lecturas del pH del aceite de café	124
CUADRO N° 5.13 Composición de las diferentes formulaciones de la crema protectora solar utilizando el aceite de café	125
CUADRO N° 5.14 Factor de protección solar del aceite de café	126
CUADRO N° 5.15 Factor de protección solar con diferentes porcentajes de aceite de café	128

CUADRO N° 5.16 Resultados del pH de la crema protectora solar utilizando aceite de café a 0, 30 y 60 días	125
CUADRO N° 5.17 Resultados del FPS de la crema protectora solar utilizando aceite de café a 0, 30 y 60 días.	129
CUADRO N° 6.1 Comparación del índice de saponificación del aceite de café con otros aceites	132
CUADRO N° 6.2 Índice de saponificación del aceite de café	132
CUADRO N° 6.3 Factor de protección solar de aceites naturales	133
CUADRO N° 6.4 Factor de protección solar del aceite de café	134
CUADRO N° 6.5 Caracterización de aceites vegetales	134
CUADRO N° 6.6 Caracterización del aceite de café	135

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1.1 Promedio anual de casos notificados de cáncer según localización topográfica. Período 2006-2011.	18
GRAFICO N°1.2 Casos diagnosticados de cáncer de piel en los hospitales del MINSA de todo el país 2006-2011	20
GRAFICO N°1.3 Mortalidad del cáncer de piel en el Perú, 2000-2011	20
GRÁFICO N°1.4 Neoplasias cutáneas atendidas en el instituto nacional de enfermedades neoplásicas, 2000-2011	21
GRÁFICO N°1.5 Principales países productores de café en América en 2012.	25
GRÁFICO N° 2.1 FPS Vs % de protección	57
GRÁFICO N° 4.1 Diseño de la investigación	75
GRÁFICO N° 4.2 Lectura del FPS a cero días de la crema protectora solar con la concentración óptima de aceite de café	111
GRÁFICO N° 4.3 Lectura del FPS a 30 días de la crema protectora solar con la concentración óptima de aceite de café	112
GRÁFICO N° 4.4 Lectura del FPS a 60 días de la crema protectora solar con la concentración óptima de aceite de café	112
GRÁFICO N° 6.1 Incremento del FPS de la crema protectora solar al añadir aceite de café	131
GRÁFICO N° 6.2 Representación esquemática de los valores fisiológicos del pH de la piel en la escala general del pH	135

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.1 Niveles de radiación ultravioleta a nivel mundial	15
FIGURA N° 1.2 Pronóstico de la radiación ultravioleta	16
FIGURA N° 2.1 Maduración del café	34
FIGURA N° 2.2 Estructura interna de la cereza del café	35
FIGURA N° 2.3 Fórmula estructural de los diterpenos presentes en el café	44
FIGURA N° 2.4 Riesgos de los rayos ultravioleta	49
FIGURA N° 2.5 Espectro de radiaciones ultravioletas	64
FIGURA N° 2.6 Diagrama del proceso de fabricación de una crema protectora solar	66
FIGURA N° 4.1 Granos de café pergamino seco	81
FIGURA N° 4.2 Separación del pergamino	82
FIGURA N° 4.3 Granos de café verde	83
FIGURA N° 4.4 Tostado del grano de café	83
FIGURA N° 4.5 Coloración del café verde hasta tostado oscuro	84
FIGURA N° 4.6 Café molido con la ayuda de un molino casero	84
FIGURA N° 4.7 Preparación del cartucho para el equipo Soxhlet	85
FIGURA N° 4.8 Instalación del equipo Soxhlet	86
FIGURA N° 4.9 Recorrido Del Hexano Dentro Del Equipo Soxhlet	87
FIGURA N° 4.10 Comparación de la carga de hexano al equipo al inicio y al final de la última etapa de recirculación	88

FIGURA N° 4.11 Intensificación del color a marrón de la solución en el balón donde es arrastrado el aceite de café	88
FIGURA N° 4.12 Volatilizado del hexano residual hasta quedar solo aceite	89
FIGURA N° 4.13 Equipo extrusor de aceite de semillas	90
FIGURA N° 4.14 Modificación de la fuente de calor del equipo extrusor de mechero a resistencia eléctrica	91
FIGURA N° 4.15 Pesado de café molido	92
FIGURA N° 4.16 Alimentación del café a la tolva de recepción del equipo extrusor	92
FIGURA N° 4.17 Formación de la torta de café	93
FIGURA N° 4.18 Salida de la torta de café	93
FIGURA N° 4.19 Salida del aceite de café en el equipo extrusor	94
FIGURA N° 4.20 Café molido y semitostado en el equipo de destilación por arrastre de vapor	94
FIGURA N° 4.21 Disposición del equipo para iniciar el proceso de arrastre de vapor	95
FIGURA N° 4.22 Salida del aceite de café por el método de destilación por arrastre de vapor	96
FIGURA N° 4.23 Determinación de la humedad del aceite de café	97
FIGURA N° 4.24 Determinación de cenizas del aceite de café	98

FIGURA N° 4.25 Determinación de las impurezas insolubles del aceite de café	100
FIGURA N° 4.26 Determinación de la acidez libre del aceite de café	102
FIGURA N° 4.27 Determinación del índice de saponificación del aceite de café	104
FIGURA N° 4.28 Determinación del pH del aceite de café	105
FIGURA N° 4.29 Preparación de la crema protectora solar base	106
FIGURA N° 4.30 Formulaciones de cremas protectoras solares a diferentes concentraciones de aceite de café	107
FIGURA N° 4.31 Pesado de 1g de las diferentes formulaciones	109
FIGURA N° 4.32 Homogenización y filtrado de la solución	109
FIGURA N° 4.33 Dilución sucesiva de la solución inicial	110
FIGURA N° 4.34 Lectura del pH de la crema protectora solar	111
FIGURA N°4.35 Aplicación directa sobre la piel de la crema protectora solar utilizando aceite de café	113
FIGURA N° 4.36 Lectura del filtro UV del aceite de café en el uvómetro	114

## RESUMEN

La exposición a la radiación ultravioleta (UV) es el factor de riesgo principal para la mayoría de los cánceres de piel. Con esta investigación se brinda una alternativa para evitar los daños generados por los altos niveles de radiación; se ha utilizado café debido a su gran disponibilidad en nuestro país y además estudios anteriores revelan las propiedades de filtro solar presentes en el aceite de café.

Se extrajo el aceite de café con el método de extrusión a 180°C utilizando café verde, café semitostado y café tostado oscuro, mediante un análisis preliminar con un Uveómetro se comprobó que los tres tipos de aceite de café tenían el máximo filtro UV (UV 400) por lo que se optó por extraer el aceite del café semitostado, por presentar un mayor rendimiento. Luego el aceite fue sometido a pruebas fisicoquímicas para comprobar el cumplimiento de normas técnicas que garanticen su inocuidad.

Se ha determinado que el factor de protección solar (FPS) para el aceite de café es de 30.19 mediante el análisis en un espectrofotómetro UV, con una concentración de 18.27% en peso de aceite en crema protectora solar, se logra obtener un FPS final de 31.91.

La crema protectora solar resulta segura porque está hecha a base de ZnO, TiO<sub>2</sub>, Glicerina, propilenglicol y ácido esteárico que son algunos de los insumos más aplicados en cosméticos por ser muy seguros en el uso cutáneo, además el aceite de café no ha representado daño alguno en las pruebas de aplicación directa sobre la piel.

## ABSTRACT

Exposure to ultraviolet (UV) radiation is the main risk factor for most skin cancers. This research provides an alternative to avoid the damage caused by high levels of radiation; coffee has been used because of its high availability in our country and previous studies also reveal the properties of sunscreen present in the coffee oil.

Coffee oil was extracted with the extrusion method at 180 °C using green coffee, tawny brown and dark roasted coffee, through a preliminary analysis with Uvmeter it found that all three types of coffee oil had maximum UV filter (UV 400) so we opted to extract the oil tawny coffee, to present higher performance. Then the oil was subjected to physical and chemical tests to verify compliance with technical standards to ensure their safety.

It has been determined that the sun protection factor (SPF) for coffee oil is 30.19 by analysis on a UV spectrophotometer, with a concentration of 18.27% by weight of oil in sunscreen, it is possible to obtain an SPF end of 31.91.

The sunscreen is safe because it is made from ZnO, TiO<sub>2</sub>, glycerin, propylene glycol and stearic acid which are some inputs more applied in cosmetics to be very safe in the cutaneous use, plus coffee oil has not shown damage in the evidence of direct application to the skin.



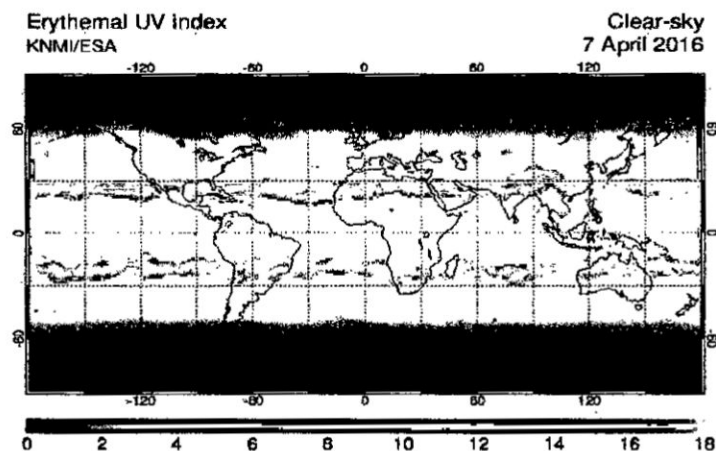
## I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Identificación del problema

Según el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) el Perú recibe el mayor nivel de radiación ultravioleta a nivel mundial debido al deterioro de la capa de ozono, producto de la contaminación ambiental y nuestra cercanía a la línea ecuatorial, esta información se basa en un estudio realizado por el neozelandés Richard Mckenzie quien hizo su estudio en base a información de satélites a nivel mundial de todos los países que brindan datos sobre radiaciones UV y a nivel de superficie también donde recogió datos importantes para concluir que Perú es el más afectado. (Véase Figura N°1.1)

FIGURA N° 1.1

### NIVELES DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA A NIVEL MUNDIAL

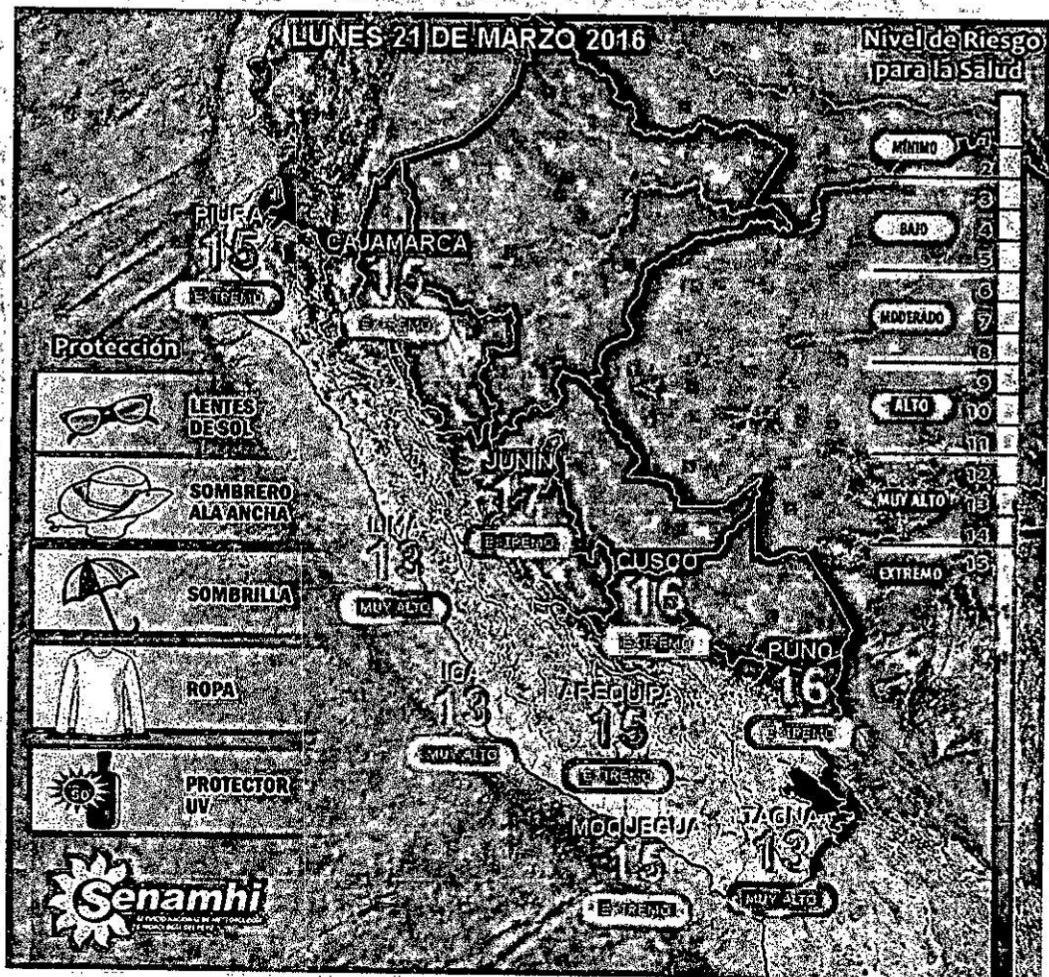


Fuente: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KMNI) /

European Space Agency (ESA)

SENAMHI también realiza un monitoreo diario de la radiación ultravioleta a nivel nacional, siendo frecuentemente las regiones de Piura, Cajamarca, Junín, Cusco, Arequipa, Moquegua y Puno las que registran un nivel extremo de radiación ultravioleta durante el día. A estos departamentos les siguen los que alcanzan el nivel muy alto de radiación: Lima, Ica y Tacna. (Véase Figura N°1.2)

**FIGURA N°1.2**  
**PRONOSTICO DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA**



Fuente: SENAMHI

En estudios realizados por SENAMHI en Lima metropolitana, sobre el índice de radiación ultravioleta, se percibe que los valores han permanecido en niveles altos y muy altos con tendencia a incrementarse. (Véase Cuadro N°1.1).

**CUADRO N°1.1**  
**ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN LIMA METROPOLITANA,**  
**PROMEDIO Y MÁXIMO, 2010-2014**

Año/Mes	Índice promedio de radiación					Índice máximo de radiación		
	2010	2011	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Enero	8	...	12	11	10	...	13	13
Febrero	12	13	12	13	12	14	15	13
Marzo	11	11	12	10	11	13	13	13
Abril	9	10	10	9	10	13	11	12
Mayo	5	5	5	6	4	10	9	9
Junio	4	4	5	4	3	7	7	7
Julio	3	3	4	3	2	8	7	5
Agosto	...	4	3	4	4	9	10	9
Setiembre	6	6	5	5	4	10	8	10
Octubre	7	8	7	5	7	12	10	12
Noviembre	...	9	8	8	8	13	13	12
Diciembre	...	9	7	8	10	13	13	12

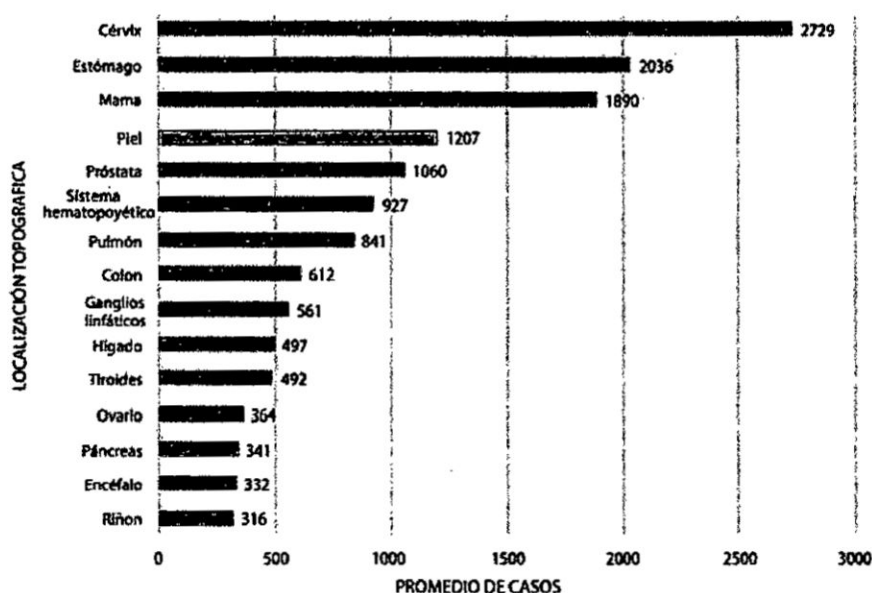
Fuente: SENAMHI

La alta radiación ultravioleta y la sobreexposición de las personas a los rayos solares, sin la protección debida, han originado un incremento de casos de cáncer de piel a nivel nacional.

Según el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica el cáncer de piel ha pasado a convertirse en poco tiempo en el cuarto tipo de neoplasia con más casos reportados en el Perú. (Véase el Grafico N°1.1).

**GRÁFICO N° 1.1**

**PROMEDIO ANUAL DE CASOS NOTIFICADOS DE CÁNCER  
SEGÚN LOCALIZACIÓN TOPOGRAFICA. PERIODO 2006-2011.**



Fuente: Dirección Nacional de Epidemiología – Ministerio de Salud.

Al analizarse los cánceres por localización topográfica y sexo, se encontró que el cáncer de piel en el sexo masculino ocupa el tercer lugar en frecuencia, mientras que en el sexo femenino el cuarto lugar.

De los 7242 casos de cáncer de piel reportados en el periodo 2006-2011 el 45.53% se manifestó en el sexo masculino mientras que el 54.47% en el sexo femenino. (Véase el Cuadro N°1.2).

**CUADRO N°1.2**  
**DISTRIBUCIÓN DE CASOS DE CÁNCER SEGÚN LOCALIZACIÓN**  
**TOPOGRÁFICA Y SEXO. PERÚ, 2006-2011**

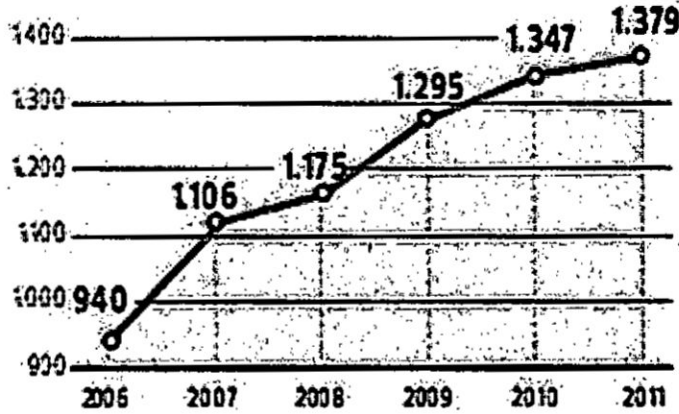
LOCALIZACIÓN	MASCULINO	FEMENINO	TOTAL	%
Cérvix	0	16 374	16 374	14.9
Estómago	6356	5861	12 217	11.1
Mama	69	11 271	11 340	10.3
<b>Piel</b>	<b>3297</b>	<b>3945</b>	<b>7242</b>	<b>6.6</b>
Próstata	6359	0	6359	5.8
Sistema hematopoyético	3060	2501	5561	5.1
Pulmón	2669	2375	5044	4.6
Colon	1637	2034	3671	3.3
Ganglios linfáticos	1872	1491	3363	3.1
Hígado	1536	1446	2982	2.7
Tiroides	524	2428	2952	2.7
Ovario	0	2182	2182	2.0
Páncreas	968	1075	2043	1.9
Encéfalo	1046	948	1994	1.8
Riñón	1117	781	1898	1.7
Otros	11 566	13 126	24 692	22.5
<b>TOTAL</b>	<b>42 076</b>	<b>67 838</b>	<b>109 914</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Dirección Nacional de Epidemiología – Ministerio de Salud.

Según la Dirección General de Epidemiología del MINSA (Ministerio de Salud), en el 2011 hubo 1.379 neoplasias cutáneas, sólo en los hospitales del sector en todo el país (Véase Gráficos N°1.2 y N°1.3, en la página 20). Esto significa un incremento del 46% con respecto a los diagnósticos desde el 2006 (940 casos).

GRAFICO N°1.2

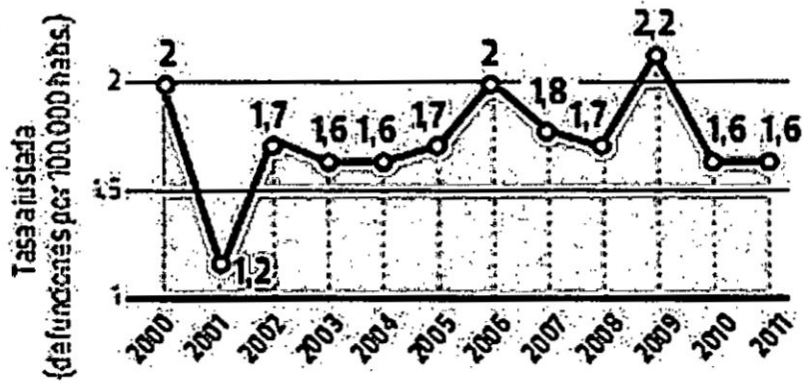
CASOS DIAGNOSTICADOS DE CÁNCER DE PIEL EN LOS HOSPITALES DEL MINSA DE TODO EL PAÍS 2006-2011



Fuente: MINSA/ Sociedad Peruana de Dermatología

GRAFICO N° 1.3

MORTALIDAD DEL CÁNCER DE PIEL EN EL PERÚ, 2000-2011



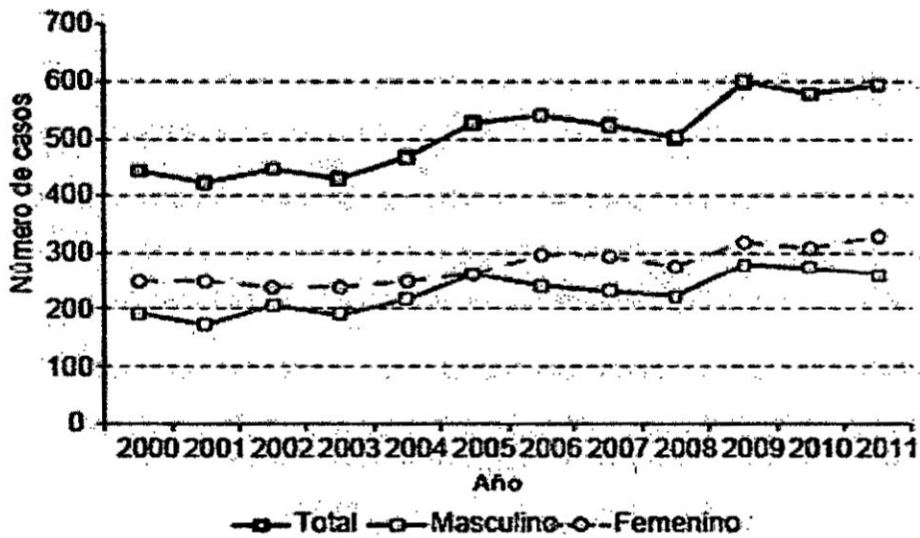
Fuente: MINSA/ Sociedad Peruana de Dermatología

El departamento de Epidemiología y Estadística del Cáncer y el Instituto de Enfermedades Neoplásicas (INEN) han reportado entre los años

2000 y 2011 una tendencia de incremento de los casos de cáncer de piel en nuestro país. (Véase Gráfico N°1.4)

**GRÁFICO N°1.4**

**NEOPLASIAS CUTÁNEAS ATENDIDAS EN EL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS, 2000-2011**



Fuente: Instituto Nacional de Salud.

El incremento de la radiación solar es el principal responsable del cáncer de piel. Sin embargo, la radiación también causa envejecimiento cutáneo prematuro, dermatitis y males en los ojos.

La SPD (Sociedad Peruana de Dermatología) recomienda evitar el sol entre las 10 a.m. y las 4 p.m. Esto es difícil de pedir a los cientos de taxistas, comerciantes, policías, salvavidas y a todas las personas que trabajan en la ciudad.

A esta limitación hay que agregar que la cultura de la prevención no está totalmente extendida: el 11% de limeños no usa bloqueador solar cuando va a la playa, según una reciente encuesta del diario El Comercio, la cantidad de personas que no usan gorro ni lentes es incluso mayor.

Muchos limeños mantienen la guardia baja frente a la radiación. Un 45% de ciudadanos no usa bloqueador en días soleados y solo el 44% se protege con lentes oscuros. Esto según un estudio realizado por la SPD, en enero del 2012.

Por lo tanto existe la necesidad de presentar una alternativa de protección contra el sol utilizando un producto natural como es el aceite de café. Con la formulación de una crema protectora solar utilizando el aceite de café para potenciar su factor de protección solar se pretende contribuir a prevenir los daños causados en la piel por la radiación ultravioleta.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Tendrá el aceite de café un aporte significativo en el incremento del factor de protección solar para la formulación de una crema protectora solar?



### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cuáles son las características físicas y químicas del aceite de café?
- b) ¿Cuál es la concentración óptima del aceite de café para incrementar el factor de protección UV en una crema protectora solar?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar la fórmula de una crema protectora solar utilizando aceite de café.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar las características físicas y químicas del aceite de café.
- b) Determinar la concentración óptima del aceite de café para incrementar el factor de protección UV en una crema protectora solar.

## **1.4 Justificación**

Existe la necesidad de protegerse de la radiación solar que tanto afecta a la población peruana, esto debido a la menor protección que brinda la capa de ozono. Basándonos en reportes del IREN (Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas) que indica que el número de casos de cáncer a la piel se encuentra en el tercer lugar comparado con los otros tipos de

cáncer. Es más, estadísticas señalan que a nivel mundial la detección de este tipo de cáncer aumentó entre un 3% y 8% entre los jóvenes.

Buscando la protección contra el impacto negativo de radiación UV se generan razones para la elaboración de un nuevo producto cosmético capaz de ayudar a protegernos de la radiación UV, utilizando el aceite de café, el cual presenta propiedades de filtro solar que servirán como insumo para la formulación de una crema protectora solar.

Con la presencia de este producto se logrará proteger a nuestra sociedad que está siendo drásticamente afectada por la radiación solar, con lo que se contribuirá a prevenir las alteraciones crónicas sobre la piel como los melanomas, carcinomas, fotoenvejecimiento y otras afecciones que se están desarrollando debido al deterioro de la capa de ozono y que tiene una gran incidencia en los seres humanos quienes somos afectados por los altos niveles de radiación UV.

El Congreso de la República del Perú ha publicado la ley N° 30102 el 06 de noviembre de 2013 "Ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar" la cual la deben adoptar instituciones públicas y privadas tanto educativas como laborales, donde una de las medidas de control contra dicha radiación es el uso de cremas protectoras solares. Con la entrega de

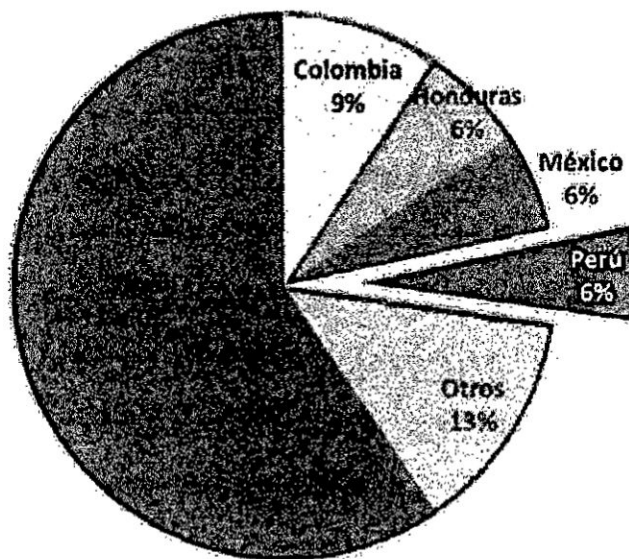
un nuevo producto como una crema protectora solar, se brindará un aporte para el cumplimiento de los requisitos de la mencionada ley.

### 1.5 Importancia

El Perú se encuentra entre los 10 principales productores de café a nivel mundial según informó el MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) basado en el ranking de la ICO (International Coffee Organization) publicado en la revista de Desempeño Comercial de las Empresas Promovidas por el Desarrollo Alternativo.

**GRÁFICO N°1.5**

**PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE CAFÉ EN AMÉRICA EN 2012. (PRODUCCIÓN TOTAL = 5.13 MILLONES DE TM)**



Fuente: ICO.

**CUADRO N°1.3**  
**EXPORTACIONES DE CAFÉ POR PRINCIPALES PAÍSES**  
**ENTRE 2011 Y 2012 (EN MILES DE TM)**

<b>País</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Var. %</b>
Brasil	2,010	1,696	-15.6
Vietnam	1,061	1,529	44.1
Indonesia	370	638	72.6
Colombia	464	430	-7.3
Honduras	237	330	39.5
India	350	317	-9.5
<b>Perú</b>	<b>282</b>	<b>259</b>	<b>-8.2</b>
Guatemala	222	225	1.4
México	174	212	22.3
Etiopía	161	192	19.7
Uganda	189	161	-14.5
Otros	757	799	5.6
<b>Total</b>	<b>6,275</b>	<b>6,789</b>	<b>8.2</b>

Fuente: Fuente: ICO.

Puesto que nuestro país está entre los primeros productores de café a nivel mundial contamos con accesibilidad a este recurso, lo cual nos servirá para la extracción del aceite de café y de este modo una elaboración viable de una crema protectora solar utilizando el mismo.

De acuerdo con el neozelandés Richard Mckenzie, quien indica que los niveles de radiación en nuestra región son los más altos del mundo, no resultará extraño que ésta situación terminará afectando la salud de la mayoría de personas de nuestra región; con este estudio se pretende brindar una alternativa adicional utilizando un producto natural para una

adecuada protección solar y así contrarrestar los efectos perjudiciales de la radiación UV.

Es importante la presente investigación puesto que da a conocer unos de los componentes de la semilla de café, tal es el caso de su aceite; el café que tradicionalmente es destinado para uso gastronómico (bebidas, cócteles, helados, etc.) encuentra un nuevo camino por descubrir con la extracción del aceite de café, la cual no limita su uso tradicional, por el contrario, al separarle la capa lipídica beneficia a los consumidores que padecen de enfermedades cardiovasculares por no contribuir al incremento del colesterol.

En el Perú no existen estudios de la extracción de aceite de café ni mucho menos de su beneficiosa acción como filtro solar, este estudio permitirá realizar el desarrollo de algunas otras aplicaciones cosméticas como la elaboración de jabones, cremas cutáneas, lápices labiales, maquillajes, etc.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de estudio**

Existen textos de investigación que están en relación con el problema y objetivos a estudiar como:

**López Fontal, Elkin Mauricio** (1997: 25 a 31), realizó estudios en la Universidad Nacional de Colombia, y con la ayuda de CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigaciones de Café de Colombia), sobre la "Extracción de aceite de café" con los subproductos de la trilla del café pergamino seco. Para la extracción del aceite de café se utilizaron dos métodos: extracción por extrusión y extracción con solventes. Al aceite obtenido se le midieron factores de variación físicos y químicos. En la extracción por extrusión se obtiene un aceite fijo con una alta carga volátil, mientras en la extracción con solventes se obtiene solo aceite fijo. Se utilizaron los subproductos del café pergamino para demostrar que a partir de estos es posible obtener aceite, con el fin inmediato de brindar alternativas para su utilización y comercialización.

**López Fontal Elkin Mauricio y Castaño Castrillón José Jaime** (1999: 119 a 125) realizaron estudios en la Universidad Nacional de Colombia sobre las "Características del aceite esencial obtenido de subproductos de

la trilla de café pergamino". En la extracción por extrusión, parte significativa del contenido aromático del café también se extrae con el aceite. Se utilizó café tostado el cual posee una alta cantidad de compuestos odoríferos, los cuales son producto de transformaciones y degradaciones químicas, logradas al someter al café verde a un proceso de tostación. Es relevante saber que un criterio importante en la valoración de la calidad del café es su aroma. El aceite fijo presentó una alta carga volátil (aceite esencial). Se encontró permanencia de las características organolépticas en el aceite obtenido.

**Jane Turatti** (2001: 1533 a 1539) realizó en Brasil una conferencia del aceite café que se llamó "Extracción y Caracterización de aceite de café" donde demostró que el aceite de café verde es rico en materia insaponificable, siendo su principio activo de propiedades cosméticas. El mejor café arábica verde, contenía apenas 13% de aceite. Un aceite de café tostado es utilizado como recalador de sabor de café soluble. Siendo procesados el café tostado y verde, tipo arábica, utilizándose prensas continuas a nivel planta piloto. Fueron procesados en frío 1491 Kg de café verde en prensas de 100 kg/h de capacidad, obteniéndose 50 kilos de aceite sin filtrar. Otros 480 kg. Fueron procesados con una prensa de 40 kg/h, siendo obtenidos 14.0 Kg. de aceite. Para café tostado fueron procesados 485 Kg y fueron obtenidos 50.9 kg de aceite sin filtrar, con una prensa de 100 kg/h. La composición en ácidos grasos en ambos casos

mostraron que el ácido linoleico (C18:2) es predominante entre los insaturados, presente acerca de 40% y que el principal saturado es el palmítico (C16:0) acerca de 34%.

En la publicación de la revista española **Fagron Ibérica** (2012) para la formulación de lociones protectores solares, aceites como el del germen de trigo refuerzan el efecto de los productos antisolares en la protección de la piel frente a la radiación solar.

Los investigadores **Gilaberte, Yolanda y González, Salvador** en su publicación en un artículo web de **EL MUNDO ES SALUD** (2014), mencionan que han conseguido desarrollar un nuevo método capaz de convertir el aceite de soja en un componente efectivo a la hora de proteger la piel de los rayos ultravioleta. En este proceso, es básico el papel del ácido ferúlico, abundante en numerosas plantas de la naturaleza. Según los investigadores, "la combinación de ambos componentes actúa como fotoprotector y también puede usarse como producto antienvjecimiento y antiarrugas". Así lo explican durante el congreso nacional de la Sociedad Americana de Química, celebrado en San Francisco.

En cuanto al aceite de soja contiene muchos flavonoides, con propiedades fotoprotectoras. La combinación de ambas sustancias (aceite de soja y ácido ferúlico) "puede ser buena, sobre todo para eliminar los radicales



libres (que contribuyen a la carcinogénesis y el envejecimiento de la piel), pero habría que conocer qué factor de protección solar real tiene para saber hasta qué punto es suficiente y similar a la de los filtros que usamos en la actualidad".

**Gilaberte y González.** (2010: 659 a 660) sostienen que la fotoprotección es una estrategia preventiva y terapéutica fundamental frente al fotoenvejecimiento y el cáncer de piel. En su publicación se recopilan las novedades más relevantes en sustancias fotoprotectoras, tanto en fotoprotección tópica como sistémica. Comenzando por las nuevas aportaciones a los clásicos filtros químicos y físicos, pasando por la creciente incorporación de sustancias antioxidantes, las novedosas estrategias de reparación del daño solar en el ADN y el estado actual del uso de sustancias estimulantes de la melanogénesis. Por último, se revisa la protección frente a la radiación infrarroja.

En el artículo web de **ECOCOSAS** (2014) se sostiene que existen ingredientes naturales, algunos se pueden encontrar en nuestras cocinas, que trabajan para protegernos de la exposición excesiva al sol. Muchos son los aceites que contienen las propiedades de FPS, tales como:

- Aceite de semilla de frambuesa. El más alto de nivel de protección de todos los ingredientes naturales, contiene un estimado de FPS de 30 a 50.

- **Manteca de Karité.** Un protector de la piel excelente, con un FPS de aproximadamente 6 a 10.
- **Aceite de semilla de zanahoria.** El aceite de semilla de zanahoria es un aceite esencial y se ha estimado que tiene unos niveles de FPS de 30.
- **Aceite de Germen de Trigo.** Es un gran nutriente para la piel con su gran cantidad de vitamina E, pero también posee un FPS natural de 20.
- **El aceite de sésamo, aceite de coco, aceite de cáñamo, aceite de aguacate, soja y aceite de maní.** Todos contienen niveles FPS entre 4 y 10.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Historia del café**

Según **El Portal agrario del Ministerio de agricultura** (2012) el cafeto es probablemente originario de Etiopía, en la provincia de Kaffa, pero la cuestión no está resuelta completamente. La leyenda dice que un pastor de Abisinia (actual Etiopía) llamado Kaldi observó el efecto tonificante de unos pequeños frutos rojos de arbusto en las cabras que lo habían consumido en los montes, efecto comprobado por él mismo al renovarse sus energías.

Los cafetos son arbustos de las regiones tropicales del género *Coffea* de la familia de los Rubiáceos. Dos son las especies que se utilizan

para la preparación de la bebida: *Coffea arabica* (el que se cultiva desde más antiguamente) y *Coffea canephora* (o cafeto robusta). También se han probado otras especies del género *Coffea* con este fin o se utilizan todavía de forma reducida, pero nunca han tenido una gran difusión.

Su agradable sabor y el contenido de cafeína como alcaloide con efectos estimulantes ha sido un factor decisivo en la generalización del consumo de café a escala mundial.

### **2.2.2 El café**

Benjamín Ramírez (2011: 3) Sostiene que la planta del café es un arbusto que pertenece a la familia de las rubiáceas y al género «*Coffea*». Alcanza entre 2 y 12 metros de altura y puede llegar a vivir 50 años. Comprende unas 70 especies, de las que sólo 10 son interesantes para la producción. Las dos más importantes son la Arábica y la Robusta ó *Canephora*. La primera es la más apreciada crece en alturas entre 900 y 2000 metros sobre el nivel del mar. Su contenido en cafeína es relativamente bajo (entre 0,9% y 1,5%). Su cultivo es más delicado y requiere mayores cuidados; sus frutos son redondos, suaves, levemente agrios, de color achocolatado, de corteza lisa e intenso perfume.

**Yenni Prieto** (2002: 2 a 3) argumenta que el café se desarrolla en el curso de 32 semanas siguientes a la aparición de la flor en el cafeto; cambia desde el verde claro a rojo oscuro o a amarillo según la variedad, color en el cual ya se puede considerar maduro, para luego ser recolectado (Véase Figura 2.1). La cereza del café, se forma en racimos unidos a las ramas por tallos muy cortos.

**FIGURA N° 2.1**  
**MADURACIÓN DEL CAFÉ**

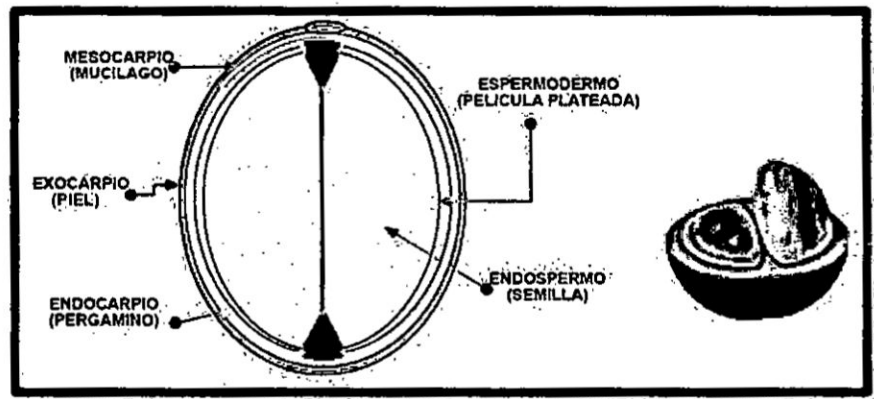


Fuente: Elaboración propia

La cereza del café está formada por una piel (exocarpio), cuyo cambio en el color indica su evolución, y que recubre la pulpa (mesocarpio) de naturaleza mucilaginoso, que encierra en ella normalmente dos semillas (endospermo), pegadas por su parte plana, y recubiertas una capa de coloración amarilla conocida como pergamino y finalmente está cubierto con una delgada membrana de tonalidad plateada (Véase figura 2.2).

FIGURA N°2.2

ESTRUCTURA INTERNA DE LA CEREZA DEL CAFÉ



Fuente: CENICAFE.

### 2.2.3 Tipos de café

En el mundo encontramos principalmente dos especies comerciales: *Coffea Arábica* y *Coffea Canephora* o Robusta. A continuación una breve descripción:

#### a) Arábicas (*Coffea Arábica*)

El Ing. Enrique Castañeda en el "Manual Técnico Cafetalero". Sostiene que este tipo de café es originario de Etiopia, representa una de las dos variedades más conocidas, extendidas y apreciadas, representando el 70% de la producción mundial. Las variedades más reconocidas se cultivan en las zonas altas de América Latina: Colombia, México, Perú y en África en Kenya y Etiopía. En Perú, la única especie comercial es la *coffea arábica*.

En el Perú sólo se siembran cafés arábigos: Típica, Borbón, Mundo, Novo, Catimor, Caturra, Pache. (Véase cuadro N° 2.1, en la página 37).

**b) Robusta (*Coffea Canephora*)**

Se presume originaria del África o Indonesia. Fue descubierta en el siglo XIX y aparece en los mercados hacia 1930. Según el Centro de Comercio Internacional su impulso en los mercados se debe a las preferencias comerciales de Europa a sus ex colonias y a su precio más bajo que incorporó nuevos consumidores.

Esta variedad puede ser cultivada a nivel del mar y hasta una altura de 600 metros. Existen otras especies menos importantes y difundidas como son: *Coffea liberica*, *Coffea Dewevrei*, *Coffea Stenophylla*, *Coffea Congensis*, *Coffea Abeokutae*, *Coffea Klainii*, *Coffea Zanguebariae* y *Coffea Racemosa*.

**CUADRO N° 2.1****VARIEDADES ARÁBIGAS CULTIVADAS EN PERÚ SEGÚN ZONA****PRODUCTORA: 2013**

<b>ZONA</b>	<b>VARIEDAD</b>	<b>ÁREA (miles de Ha)</b>
Piura	Típica, Caturra	5
Jaén	Típica, Caturra, Pache, Borb	45
Amazonas	Típica, Pache, Caturra	32
San Martín	Típica, Caturra, Catimor	28
Huánuco	Típica, Caturra, Catimor	4
Junín	Típica, Caturra, Catimor, Pache	58
Pasco	Típica, Caturra, Catimor, Pache	8
Ayacucho	Típica, Caturra	5
Cusco	Típica, Caturra	35
Puno	Típica, Caturra, Catimor	5
<b>Total</b>		<b>236</b>

Fuente: Portal Agrario. Ministerio de Agricultura, año 2013.

#### **2.2.4 Usos del café**

**Ramirez, Lourdes** (2008: 11 a 16) menciona:

##### **a) La infusión**

La bebida se obtiene por infusión del café molido en agua caliente idealmente, para conservar su sabor, el café debe molerse justo antes de la infusión. Por deseo práctico, frecuentemente se comercializa ya molido y al vacío. Existen numerosas formas de preparar la bebida muy rápidamente: café instantáneo (que se disuelve en una taza de agua caliente), o cafetera.

##### **b) El café como fertilizante**

Los restos de café son buenos fertilizantes para los jardines debido a su alto contenido en nitrógeno. Los restos de café molido también contienen potasio, fósforo, y muchos otros micros minerales que ayudan al desarrollo de la planta. Muchos jardineros aseguran que a las rosas le sienta de maravilla los restos de café y cuando se les añade se vuelven grandes y llenas de color. Cuando es añadido al estiércol vegetal, los restos de café abonan muy rápidamente. Los restos de café se pueden conseguir de forma económica (normalmente gratis) en tiendas de café locales. Las grandes cadenas de tiendas de café pueden tener una política de utilizar como compost los restos de café o darlos a aquel que los pida.



### **c) Propiedades del café sobre la piel**

El café ayuda a eliminar toxinas y grasas. Además cuenta con efectos desintoxicantes y diuréticos. La cafeína presente en el café tiene un efecto beneficioso sobre las varices ayudando a una mejor circulación de las piernas y evitando la aparición de varices nuevas, además de dejar una piel más tersa.

La cafeína facilita la rotura de las células de grasa, por lo que tiene un efecto lipolítico y reactiva la circulación. Así, el café es uno de los mejores anticelulíticos naturales. Otra aplicación cosmética de la cafeína presente en el café es la de combatir las ojeras, al ser un excelente activador de la circulación sanguínea.

Estas propiedades se encuentran presentes en el aceite de café ya que en su extracción arrastra las propiedades del café y brinda los beneficios que otorga el propio café.

Otra ventaja es que por su contenido de cafestol y kahweol al ser aplicado sobre la piel brinda un filtro solar que mezclado con una crema protectora solar protegerá de la radiación UVA y UVB contenidas en los rayos solares.

### **d) Otros usos del café**

- Bebida: Grano tostado y soluble (en polvo).
- Pastelería y heladería.
- Alimento para ganado (pulpa seca o fresca).

- Bebidas gasificadas.
- Curtiembre (taninos).
- Perfumería.
- Licores.

### **2.2.5 Composición química del café**

#### **a) Carbohidratos**

Los carbohidratos constituyen casi la mitad del peso en seco del café Verde. La sacarosa es el principal oligosacárido, los mananos y los arabinogalactanos son los principales polisacáridos. El porcentaje de carbohidratos en una taza de café depende de la mezcla, el nivel de tueste y el modo de preparación. Puede llegar del 20% al 35% de la materia sólida.

#### **b) Componentes nitrogenados**

Éstos comprenden las proteínas, los aminoácidos, la trigonelina y los alcaloides. La trigonelina representa cerca del 1% del peso seco del café verde pero no sobrevive al tueste, descomponiéndose en ácido nicotínico, piridina y otros compuestos volátiles. El alcaloide más abundante es la cafeína, que comprende 1-2% del peso seco. Los granos de Robusta tienen más alto contenido de cafeína. Aunque sufre una sublimación muy marginal, la cafeína sobrevive al tueste.

Una taza de café contiene de 30 a 180 mg de cafeína, según cuáles sean la mezcla y el modo de preparación.

#### **c) Ácidos clorogénicos**

Éstos comprenden varios esteres de ácidos químicos y representan del 7% al 10% de la materia seca del café verde. Durante el tueste ocurren diferentes reacciones químicas que reduce significativamente el porcentaje de ácidos clorogénicos libres aún presentes después del tueste.

#### **d) Ácidos carboxílicos**

Algunos ácidos alopáticos están presentes en el café verde, especialmente el cítrico, el málico y el químico. El tueste genera otros ácidos, ya sean volátiles o no volátiles, y aumentan las proporciones del ácido químico al descomponerse los ácidos clorogénicos.

#### **e) Componentes volátiles**

Cientos de componentes volátiles en cantidades muy pequeñas le dan al Café su sabor único y su aroma.

#### **f) Lípidos**

Éstos constituyen del 8% al 10% del café verde. Los diterpenos (parecidos al colesterol) los kawheoles y los cafestoles son específicos del café. El contenido de lípidos puede llegar a un

pequeño porcentaje en la preparación de café turco o cuando el café molido es percolado y no filtrado, pero los niveles son insignificantes en cafés filtrados e instantáneos.

Estos dos alcoholes diterpénicos llamados cafestol y Kahweol, que se liberan durante el preparado, son capaces de incrementar los niveles de colesterol. Así, los cafés tratados mediante filtros de papel son capaces de retener los alcoholes producidos y sin embargo, el café sin filtrar incrementa la cantidad de cafestol y kahweol presentes en el líquido que se bebe.

La mencionada heterogeneidad estructural de los lípidos dificulta cualquier clasificación sistemática.

## **2.2.6 El aceite de café y su extracción**

### **a) El aceite de café**

**Díaz, Vanessa y Vásquez, Eva** (2011: 29 a 35) sostienen que la fracción lipídica del café se encuentra distribuida en la semilla del grano y la capa externa, en la que prima el contenido de ceras. El contenido lipídico en granos del café verde es de 7 a 17%, varía de acuerdo al tipo de café, siendo para la especie *Coffea Arábica* de un 15% y para *Coffee Robusta* de un 10%. Se ha reportado que luego del proceso de tostación este porcentaje se mantiene constante; la cantidad de aceite extraído dependerá no solo de la naturaleza del

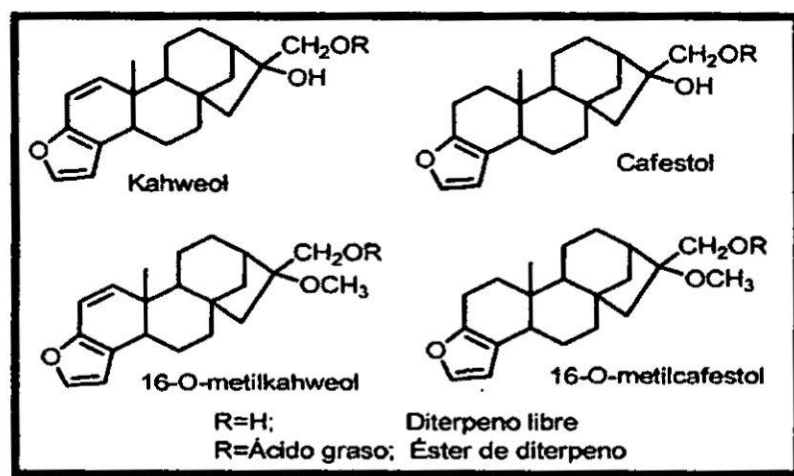
grano sino del método de extracción y las condiciones del mismo. En la medicina el aceite de café verde es utilizado en tratamiento de cefaleas y asma; también es utilizado como componente en productos cosméticos, como nutracéutico y como conservante. El aceite de café tostado es usado como ingrediente saborizante, en especial en el café instantáneo para el mejoramiento de su aroma y su sabor, además ha sido propuesto como fuente para la producción de biodiesel.

Los lípidos del café corresponden a ácidos grasos, tocoferoles, esteroides y diterpenos. Los ácidos grasos se encuentran en diferentes formas, pueden estar esterificados con el glicerol en los triglicéridos, con diterpenos o con esteroides, mayoritariamente se encuentran el ácido palmítico (C16), esteárico (C18), oléico (C18:1), y linoléico (C18:2). Por esterificación de los ácidos grasos en mayor cantidad se encuentran el C18:2, seguido de C16, C18 y C18:1; en menor proporción el ácido araquidónico (C20) y en trazas los ácidos gadoleico (C20:1) y behénico (C22). Para el café verde se han realizado análisis del contenido total de ácidos grasos, ácidos grasos libres y triglicéridos en los granos de café.

Con el proceso de tostación se evidencia un incremento En los ácidos grasos trans, especialmente C18:2. En cafés arábica se han detectado 9 ácidos grasos libres con una gran proporción de C18:2 y C16, y con diferencia en el contenido de C18 y C18:1.

La fracción lipídica no saponificable corresponde a 1.3 a 1.9% (p/p) en granos verdes de café arabica y de 0.2 a 1.5% en café robusta. Su composición está representada en mayor parte por diterpenos pentacíclicos, que únicamente han sido encontrados en el café; los más representativos son el kahweol, cafestol y el 16-O-metilkahweol (Véase Figura 2.3). En su forma libre son componentes minoritarios y su contenido puede disminuir en casi 80% durante la tosti3n.

**FIGURA N° 2.3**  
**F3RMULA ESTRUCTURAL DE LOS DITERPENOS PRESENTES**  
**EN EL CAF3**



Fuente: Determinaci3n de la composici3n y la capacidad antioxidante de aceites obtenidos por extracci3n con CO<sub>2</sub> supercr3tico de granos de caf3 con diferente grado de tosti3n – Vanessa D3az y Eva Gisselle

análisis de los volátiles del aceite de café obtenido por extrusión, así como estudios comparativos del aroma de varias marcas de café, que incluyen el uso de varios métodos de extracción como la SFE.

El aceite de café verde obtenido por presión en frío es una mezcla de diferentes clases de compuestos con triglicéridos representados en 75% en masa, de color marrón verde oscuro con un aspecto turbio atribuido a la presencia de pigmentos y otros componentes como clorofila, terpenos, esteroides y ceras. El aceite de café tostado obtenido por presión, está compuesto por una fracción lipídica y volátil típica del aroma del café. Sus constituyentes aromáticos son de media y baja volatilidad y presenta un intenso olor "quemado" debido a la pirolisis ocurrida durante la compresión.

La extracción Soxhlet es ampliamente usada; presenta buenos rendimientos, pero inconvenientes como largos tiempos de extracción, consumo de altas cantidades y remanentes de disolventes. Diversos autores emplean disolventes tales como dietil éter, éter de petróleo y hexano, que son peligrosos, difíciles de manejar y que pueden generar degradación del aceite; los resultados de las extracciones no son homogéneos, la composición varía de acuerdo con el disolvente utilizado, en ciertos casos sustancias polares o no lipídicas pueden o no ser extraídas.

La SFE es una técnica ampliamente usada en la extracción de sustancias bioactivas (antioxidantes, flavonoides, aceites esenciales, carotenoides, etc.) a partir de materiales biológicos. Haciendo referencia específicamente a café, la SFE ha sido utilizada para la extracción selectiva de la cafeína y reemplazando técnicas convencionales que incluyen la utilización de solventes orgánicos como cloroformo y diclorometano. En la extracción se ha obtenido el aceite de café verde, de café tostado y se han extraído sus diterpenos. Además, se ha aplicado en la refinación de extractos obtenidos mediante otras técnicas para alcanzar una mayor similitud con respecto al aroma del grano

### **2.2.7 Radiación UV**

Según, la OMS (Organización Mundial de la Salud), OMM (Organización Meteorológica Mundial), PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y el ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (2003: 4 a 5):

Se denomina radiación ultravioleta a la energía electromagnética emitida a longitudes de onda menores que la correspondiente a la visible por el ojo humano, pero mayor que la que caracteriza a los rayos X, esto es, entre 100 y 400 nm. Comúnmente proviene del sol o de lámparas de descarga gaseosa. La radiación ultravioleta



es tan energética, que su absorción por parte de átomos y moléculas produce rupturas de uniones y formación de iones (reacciones fotoquímicas), además de excitación electrónica.

La región UV abarca el intervalo de longitudes de onda de 100 a 400nm y se divide en las tres bandas siguientes:

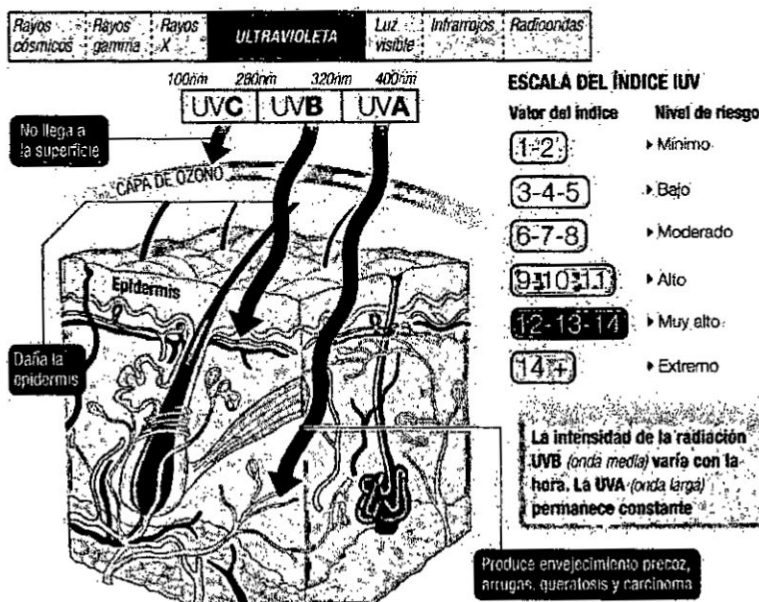
- **UVA (320-400nm):** Son los responsables del bronceado directo e inmediato. Tienen una capacidad de penetración muy elevada, llegando hasta la dermis. Atraviesan los cristales de las ventanas y siguen actuando incluso cuando hay nubes. Los rayos UVA producen envejecimiento, arrugas y pérdida de elasticidad.
- **UVB (290-320nm):** Son los responsables del bronceado indirecto, la pigmentación que aparece al cabo de un par de días. Presentes en las horas del mediodía, su acción se limita a la epidermis, capa superficial de la piel. Los rayos UVB tienen un riesgo mucho mayor de causar cáncer de la piel que los UVA.
- **UVC (100-290nm):** Son los de longitud de onda más corta y también los más peligrosos para el hombre. No llegan a traspasar la capa de ozono estratosférica porque son absorbidos por la atmósfera y retenidos por ella, siempre que no sea demasiado débil.

Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación

UVC y aproximadamente el 90% de la radiación UVB. La atmosfera absorbe la radiación UVA en menor medida (Véase Figura 2.4).

FIGURA N° 2.4

RIESGOS DE LOS RAYOS ULTRAVIOLETA



Fuente: SENAMHI

En consecuencia, la radiación UV que alcanza la superficie terrestre se compone en su mayor parte de rayos UVA, con una pequeña parte de rayos UVB.

a) Índice UV solar mundial

El índice UV solar mundial (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación UV sobre la superficie terrestre que tiene relación con los efectos Sobre la piel humana. El índice se expresa como un valor

superior a cero, y cuanto más alto, mayor es la probabilidad de lesiones cutáneas y oculares.

La intensidad de la radiación UV y, en consecuencia, el valor del índice varía a lo largo del día. Se pone el máximo énfasis en la intensidad máxima de la radiación UV en un día determinado, que se produce durante el periodo de cuatro horas en torno al mediodía solar. Dependiendo de la ubicación geográfica y de si se aplica o no el horario de verano, el mediodía solar puede tener lugar entre las 12 del día y las 2 de la tarde.

En numerosos países se ha utilizado el concepto de "tiempo de exposición sin riesgo de quemadura", ya que este concepto sencillo puede traducirse directamente en acciones. Sin embargo, la población tiende a interpretar que la existencia de un "tiempo de exposición sin riesgo de quemadura" significa que existe un nivel seguro de exposición al sol sin protección. En consecuencia, cuando se relacionan los valores del IUV con "tiempos de exposición sin riesgo de quemarse" o con "tiempos de bronceado seguro" se transmite un mensaje equivocado a la población. Aunque el objetivo prioritario de la prevención primaria del cáncer de piel es evitar las quemaduras solares, la exposición acumulada a la radiación UV desempeña un papel primordial en el desarrollo de los cánceres de piel y acentúa los daños oculares y del sistema inmunológico.

El IUV se publica como una recomendación conjunta entre la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (Véase Cuadro 2.2).

### CUADRO N° 2.2

#### CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN UV

NIVEL DE RIESGO	INDICE UV
MINIMO	1 - 2
BAJO	3 - 5
MODERADO	6 - 8
ALTO	9 - 11
MUY ALTO	12 - 14
<b>EXTREMO</b>	<b>&gt;14</b>

Fuente: SENAMHI

#### b) Efectos de la radiación UV sobre la salud

Pequeñas cantidades de radiación UV son beneficiosas para la salud, y desempeñan un papel esencial en la producción de vitamina D. Sin embargo, la exposición excesiva a la radiación UV está asociada con diversos tipos de cáncer de piel, quemaduras solares, envejecimiento acelerado de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares. También hay evidencia de que la radiación UV reduce la efectividad del sistema inmune.

### **c) Efectos sobre la piel**

La excesiva exposición a rayos UV produce una serie de cambios crónicos en la piel:

- Melanoma maligno cutáneo: Cáncer maligno de la piel potencialmente mortal.
- Carcinoma de células escamosas de la piel: Un cáncer maligno, que por lo general avanza con menor rapidez que el melanoma, y tiene menos probabilidades de causar la muerte.
- Carcinoma de células basales de la piel: un cáncer de piel de crecimiento lento que aparece predominantemente en personas mayores.
- Fotoenvejecimiento: es la pérdida de firmeza de la piel y el desarrollo de queratosis solar.

### **d) Efectos en los ojos**

Los efectos agudos de la radiación UV son la fotoqueratitis y la fotoconjuntivitis (inflamación de la córnea y la conjuntiva, respectivamente). Estos efectos son reversibles, y se pueden prevenir fácilmente mediante gafas de protección y no están asociados con daños a largo plazo. Los efectos crónicos de la radiación UV sobre los ojos son:

- Cataratas: Enfermedad del ojo en la que el cristalino se vuelve cada vez más opaco, lo que produce problemas de visión y una

eventual ceguera.

- Pterigión: un crecimiento carnosos de color blanco o crema en la superficie del ojo.
- Carcinoma de células escamosas de la córnea o la conjuntiva: un tumor raro de la superficie del ojo.

#### **e) Otros efectos de salud**

La radiación UV parece disminuir la eficacia del sistema inmunológico al modificar la actividad y la distribución de las células responsables de desencadenar la respuesta inmune. La inmunosupresión puede causar la reactivación del virus del herpes simple en el labio ("herpes labial").

### **2.2.8 Protector solar en crema**

**Moliner, Laura** (2013: 28 a 29) sostiene que las cremas o protectores solares llevan utilizándose cerca de 75 años. Se caracterizan por poseer compuestos que actúan como filtros que protegen la piel de la radiación ultravioleta (filtros ultravioletas).

#### **a) Tipos de crema protectora solar**

Tradicionalmente han sido divididas en grupos, en función de los compuestos que actúan como filtros ultravioletas, que son los siguientes:

- **Ácido para-amino benzoico (PABA) y sus derivados:** el PABA ( $\lambda$  máxima de absorción: 283nm) es uno de los compuestos más usados como ingrediente en las cremas solares. Es un filtro UV-B muy efectivo, penetra a través de la piel y tiene una gran resistencia al agua. Debido a que ha demostrado ser carcinógeno y causar reacciones alérgicas, su uso en protectores solares es limitado. El derivado de éste ácido más comúnmente usado es Padimato O (octil dimetil PABA, con absorción máxima a 311 nm). Es un filtro UV-B efectivo y más seguro.
- **Salicilatos:** absorben entre 300 y 310 nm. Son filtros UV-B débiles, aunque son muy estables y resistentes al agua y no suelen causar problemas cutáneos. Algunos de los más usados son el octisalato y el homosalato, que protegen de la fotodegradación a otros ingredientes de las cremas solares. Son mucho menos penetrantes, aproximadamente solo el 1 % de la dosis aplicada penetra en la piel.
- **Cinamatos:** El Octinoxato (octilmetoxicinamato, etil-hexil-hectoxicinamato OMC o Parsol MCX) es el cinamato más ampliamente usado como filtro UV-B (con una máxima absorción a 311 nm). Se utiliza normalmente en combinación con otros filtros UVB.

- **Benzofenonas:** los compuestos que los forman absorben radiación UV-B y algo de UV-A (aproximadamente a 360 nm). El filtro más común es la benzofenona-3 (oxibenzofenona). Este compuesto se ha encontrado en la sangre y la orina de los humanos después de la aplicación de la crema solar.
- **Otros:** las que contienen derivados del benzimidazol o bencilidenos y derivados del alcanfor.

#### **b) Factor de protección solar**

Todo comenzó en 1938 con una montaña y un hombre con una visión. Franz Greiter, un estudiante de química suiza y apasionado entusiasta del alpinismo, sufrió la exposición excesiva al sol mientras escalar la montaña Piz Buin. Se tomó su experiencia y abrazado el desafío de la naturaleza, la invención del primer Protector Solar en 1946: un producto que finalmente permitió a cualquier persona que comparte la pasión por la vida que viven en el sol para hacerlo de manera segura.

**El consejo general de Colegios oficiales de Farmacéuticos** recomienda que se debe aplicar la crema protectora solar en un margen de  $2.00 \pm 0.04$  mg/cm<sup>2</sup> sobre la piel expuesta a la radiación UV.



Así mismo los laboratorios Cedlabs (2015) corroboran la información del consejo general de colegios oficiales de farmacéuticos recomendando la aplicación de 2mg/cm<sup>2</sup> y además hace mención de los factores de protección solar y el porcentaje de filtro UV de cada uno de ellos, el detalle en el cuadro siguiente. (Véase Cuadro N° 2.3)

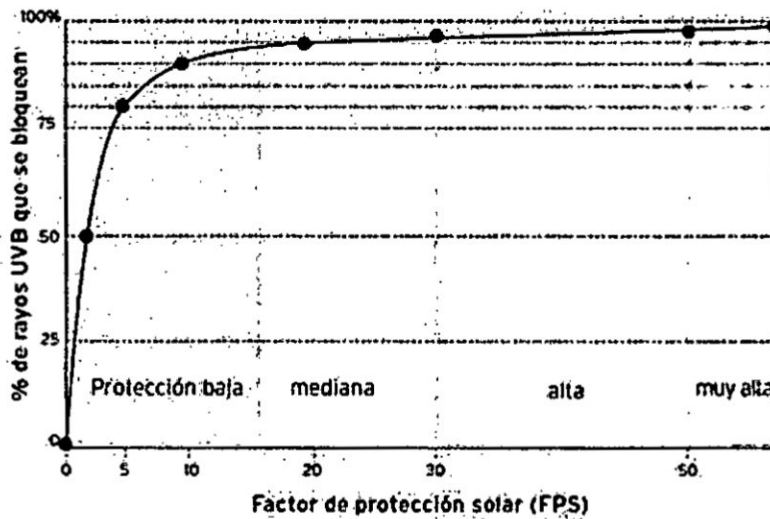
**CUADRO N° 2.3**

**CORRESPONDENCIA DEL FPS Y EL PORCENTAJE DE FILTRO UVB**

<b>FPS</b>	<b>% FILTRO UVB</b>
<b>15</b>	<b>93</b>
<b>30</b>	<b>97</b>
<b>50</b>	<b>98</b>

Fuente: Cedlabs.

**GRÁFICO N° 2.1**  
**FPS VS. % DE PROTECCIÓN**



Fuente: Andreu Raurich: Fotobiología práctica: preguntas y respuestas, Blatt Medic 2004.

**Molinero, Laura** (2013: 29 a 31) afirma que: El SPF es la medida (en laboratorio) de la eficiencia de un protector solar sobre nuestra piel. Cuanto más alto es el SPF, mayor protección está ofreciendo el protector solar contra los rayos UV-B. De otra manera, se podría entender que el SPF es el cociente entre la cantidad de radiación UV necesaria para causar quemaduras de sol en la piel con la crema protectora solar aplicada y la cantidad de radiación UV necesaria para causar la misma quemadura sin el protector solar. Por lo tanto, al usar un protector solar con SPF 50, la piel no se quema hasta que haya sido expuesta a 50 veces la cantidad de energía solar que normalmente haría que sufriera una quemadura.

La cantidad de energía solar a la que se expone la piel no sólo depende de la cantidad de tiempo que es expuesta al sol, sino también de la hora del día a la cual se realiza la exposición. En la práctica, la protección de un protector solar en particular depende de factores tales como:

- El tipo de piel de la persona.
- La cantidad aplicada de protector solar y la frecuencia de aplicación.
- Las actividades realizadas durante la exposición al sol (por ejemplo, el baño lleva a la pérdida del protector solar de la piel en menor tiempo).
- La cantidad de protector solar que la piel haya absorbido.

El SPF es una medida imperfecta, puesto que el daño en la piel es ocasionado principalmente por la radiación UV-A. Las cremas solares suelen proteger en gran medida de la radiación UV-B pero poco de la radiación UV-A. La mejor protección contra la radiación, tanto UV-B como UV-A, es la proporcionada habitualmente por los productos que contienen óxido de titanio o de zinc y avobenzona, pero no cubren todo el espectro UV-A.

Un buen protector o crema solar debe reunir las siguientes cualidades:

- **Eficiencia:** Una crema solar tiene que ser un buen absorbente en el rango del UV entre 290 y 400 nm. Además, los filtros UV tienen que ser compatibles con el resto de las sustancias de la fórmula, deben tener buena solubilidad en diferentes emolientes de los cosméticos. Otra característica muy importante que determina su eficiencia es la fotoestabilidad de los filtros ultravioleta, que tienen que ser resistente a la degradación debido a la radiación. No hay que olvidar que deben ser resistentes a los agentes externos (ser insoluble en agua y resistente al sudor) además de no causar irritación en la piel..
- **Seguridad:** no deben tener efectos adversos en el ser humano ni en el medio ambiente.
- **Patente liberada:** el concepto patente liberada significa el uso libre de los componentes que conforman el protector solar por cualquier fabricante.

Si alguno de estos requerimientos no se cumple, el protector solar no puede ser utilizado, salvo en el último caso, si se llega a un acuerdo. Algunos de los compuestos más usados como filtros ultravioletas, admitidos por la FDA (Food and Drug Administration), y su concentración máxima en cremas solares, son: Benzofenona-3 (6%), Homosalato (HMS) (10%-15%), octil-metoxicinamato (OMC) (7-10%), Dióxido de titanio (25%).

### 2.2.9 Filtros solares

**LIM. Henry y DRAELOS, Zoe** (2009: 35 a 43) sostienen que los filtros ultravioletas son compuestos que, individualmente o mezclados con otros filtros, protegen de la radiación ultravioleta (UV). Su funcionamiento, desde el punto de vista molecular, se rige principalmente por tres mecanismos: absorción, dispersión (scattering) y reflexión (dispersión por retroceso).

En la dispersión, la radiación incidente no tiene frecuencia de resonancia con la energía de transición de la molécula. Sin embargo, el dipolo de la molécula oscila con la frecuencia de radiación. Este fenómeno de oscilación hace que la molécula emita radiación con una frecuencia igual a la original pero en diversas direcciones, atenuando la radiación en la dirección incidente.

Por el contrario, en la absorción, existe una resonancia entre la radiación incidente y la energía de transición de la molécula, lo que provoca la transferencia de energía a la molécula. Cuando los dos mecanismos se producen, el efecto total se denomina extinción, siendo la suma de la absorción y de la dispersión. La fuerza de extinción por mol se caracteriza por el coeficiente molar de decaimiento de extinción  $\epsilon$  (L/mol.cm).

**Dr. Duro y Dr. Campillo** en la Revista de Medicina Familiar y Comunitaria afirman que los filtros solares se clasifican en función del mecanismo utilizado por los filtros para atenuar la radiación UV, en dos tipos principalmente:

- Filtros químicos (Absorbentes orgánicos).
- Filtros físicos (Bloqueadores inorgánicos).

#### **a) Filtros químicos**

Son moléculas que absorben los fotones de la radiación solar alterando su estructura molecular. Cada molécula presenta un espectro de absorción óptimo que permite clasificarla en filtro UVA o filtro UVB. Los cambios en su estructura molecular pueden traducirse en cambios en su estructura química, de modo que a veces producen dermatitis de contacto. Son los más difundidos en el mercado porque son transparentes, no manchan la ropa y necesitan una capa de aplicación de menor grosor. Cosméticamente son más aceptables. Las sustancias más habitualmente empleadas son: PABA (ácido 4-aminobenzoico), salicilatos, ácido cinámico, alcanfor y bencimidazoles como filtros UVB; benzofenonas, antranilatos y dibenzoilmentanos como filtros UVA.

## **b) Filtros físicos**

Actúan reflejando o desviando la radiación solar formando una barrera opaca que actúa a modo de pequeños espejos. Su espectro de actuación es más amplio, de manera que proporcionan protección frente a los UVA, UVB, luz visible e infrarrojos. Son partículas minerales que necesitan una capa de aplicación gruesa, pueden manchar la ropa, aunque cada día se elaboran nuevas partículas microscópicas cosméticamente más aceptables. Es raro que originen reacciones de tipo alérgico o irritativo. Están menos difundidos en el mercado. Las sustancias más habituales empleadas son el dióxido de titanio y el óxido de zinc. Existen otras menos frecuentes como el carbonato de calcio y magnesio, el óxido de magnesio y el cloruro de hierro.

### **2.2.10. Espectrofotometría**

Estudia los fenómenos de interacción de la luz con la materia. En general, cuando una lámpara ilumina cualquier objeto, pueden suceder algunos fenómenos: La luz puede ser emitida, reflejada, transmitida o absorbida. Desde que sabemos que la energía no puede ser destruida, la cantidad total de luz debe ser igual al 100%; por lo tanto, cuando un objeto es iluminado, se puede medir cuánta radiación ha sido reflejada o transmitida y podemos decir entonces cuánta fue absorbida, cuál es la cantidad que ha interactuado con el objeto.

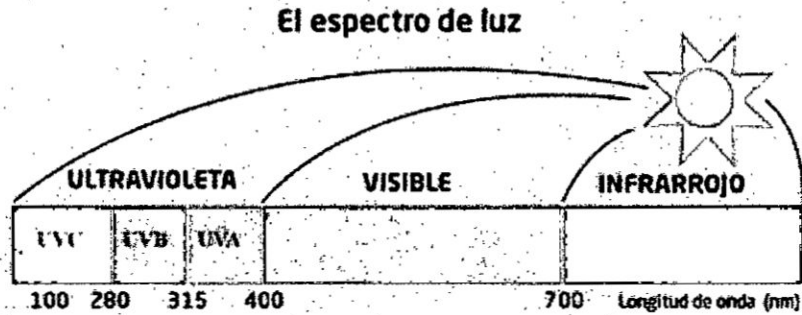
Un espectrofotómetro es un instrumento utilizado para determinar a qué longitud de onda la muestra absorbe la luz y la intensidad de la absorción. Aunque varían en el diseño, todos los espectrofotómetros consisten de una fuente de luz, un selector de longitud de onda, un contenedor transparente en el cual se deposita la muestra, un detector de luz y el medidor.

El conjunto de radiaciones electromagnéticas se llama espectro electromagnético y es conveniente agruparlas en regiones para poder conocer sus propiedades. En la figura se muestran las zonas del espectro según la clasificación más aceptada. (Véase Figura N°2.5, en la página 64) Como se puede observar la zona del visible (radiaciones percibidas por nuestro ojo) es muy pequeña en comparación con la gran amplitud del espectro. Aunque hablamos de una radiación determinada ( $\lambda$ ), físicamente es imposible aislar dicha radiación. Siempre podremos obtener un rango de radiaciones pequeño según la exactitud del dispositivo de selección (difractores de radiación y filtros), pero nunca una sola. De la misma manera que no podemos obtener o aislar un punto de una recta, sino un trozo pequeño (un conjunto de puntos).



FIG. N° 2.5

**ESPECTRO DE RADIACIONES ULTRAVIOLETAS**



Fuente: Johnson y Johnson Vision Care

La espectrofotometría de absorción es usualmente usada con moléculas disueltas en un solvente transparente. La absorbancia de un soluto depende linealmente de la concentración y por consiguiente la espectrofotometría de absorción es ideal para hacer mediciones cuantitativas. La longitud de absorción y la fuerza de absorbancia de una molécula no sólo depende de la naturaleza química, si no del ambiente molecular en donde se encuentre el cromóforo. Las mediciones espectroscópicas son muy sensibles y se requieren pequeñas muestras de material para el análisis.

### 2.2.11 Espectrofotómetro

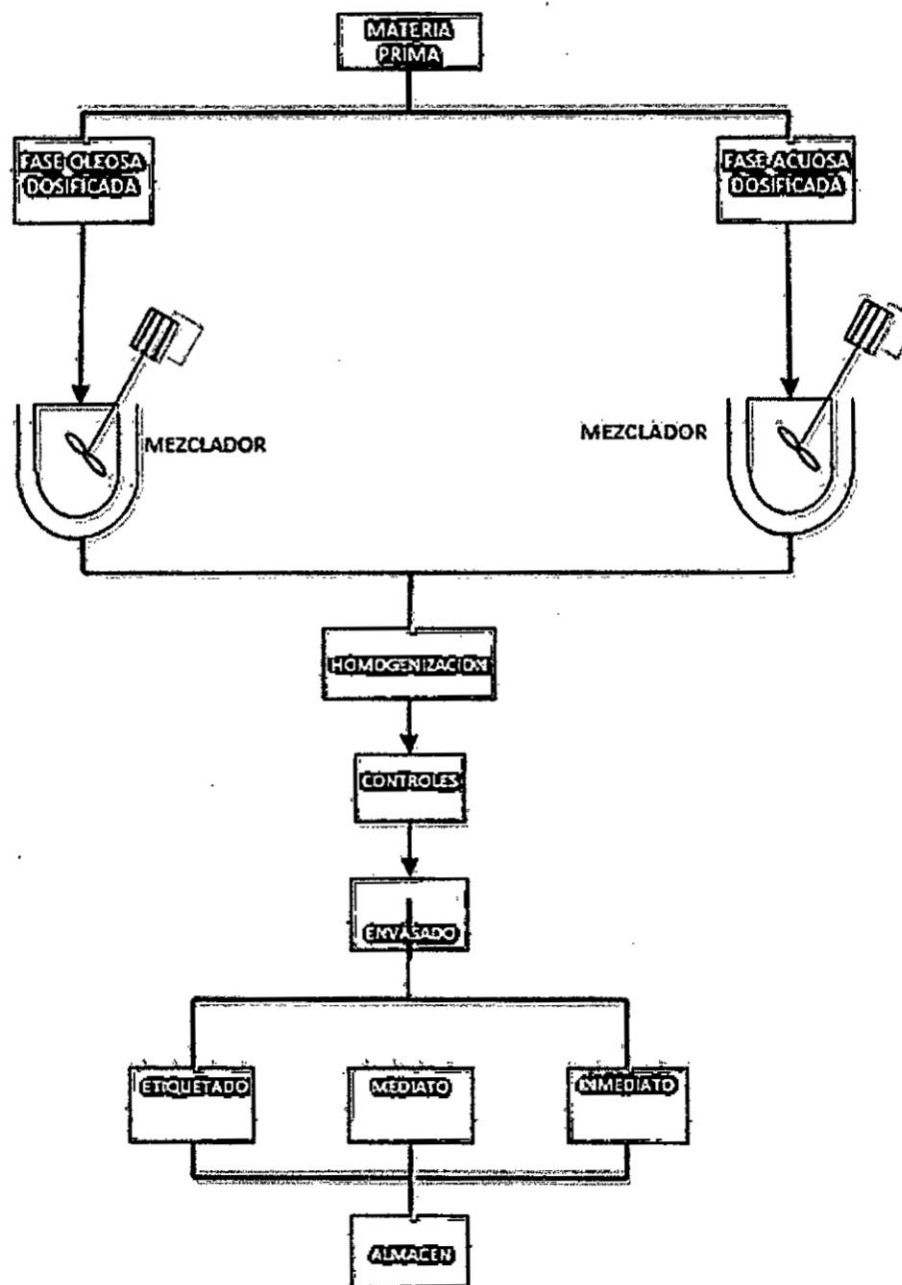
El espectrofotómetro es el nombre genérico de todos los aparatos basados en esta técnica. El espectrofotómetro puede estar equipado

con un sólo detector o un detector multicanal, configurados por medidas con un solo rayo (SB) o doble rayo (DB) y designados para la medición de una longitud fija o para adquirir una espectro de absorción completo.

## 2.2.12 Proceso de fabricación de una crema protectora solar

FIGURA N° 2.6

### DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE UNA CREMA PROTECTORA SOLAR



Fuente: Laboratorios LACOVAT.

### 2.3 Definiciones de términos utilizados

- **Aceite Fijo:** Aceite vegetal que se obtiene de ciertas plantas y que, a diferencia de los aceites esenciales, son grasos, densos y no volátiles.
- **Ácido carboxilo:** Los ácidos carboxílicos constituyen un grupo de compuestos que se caracterizan porque poseen un grupo funcional llamado grupo carboxilo o grupo carboxi ( $-\text{COOH}$ ); se produce cuando coinciden sobre el mismo carbono un grupo hidroxilo ( $-\text{OH}$ ) y carbonilo ( $\text{C}=\text{O}$ ).
- **Ácido clorogénico:** compuesto fenólico con propiedades antioxidantes presentes en el café.
- **Ácido Ferúlico:** Es un antioxidante de origen vegetal derivado del Ácido Hidroxicinámico, por su poder antioxidante neutraliza los radicales libres responsables del estrés oxidativo en las membranas celulares y el ADN. Ayuda a proteger la piel del daño producido por la radiación ultravioleta, previene el envejecimiento producido por el sol, protege la capa dérmica que contiene elastina y colágeno y los capilares.
- **Ácido Hidroxicinámico.** Los ácidos hidroxicinámicos (AH) son componentes estructurales de la pared celular de las plantas, son compuestos bioactivos y precursores de aromas.
- **Ácido linoleico:** Es un ácido graso monoinsaturado esencial, típico de

los aceites vegetales como el aceite de oliva, aguacate y la carne de cerdo.

- **Alcaloide:** Compuesto químico que posee un nitrógeno heterocíclico procedente del metabolismo de aminoácidos, (ej. Cafeína).
- **Café pasilla:** Es el subproducto de la trilla del café que se caracteriza por ser un grano defectuoso y con un tamaño superior a 5.66mm.
- **Café pergamino:** café envuelto en el endocarpio.
- **Café verde:** café crudo; granos de café.
- **Cafeína:** La cafeína es un alcaloide que se encuentra en el café, té, bebidas gaseosas, chocolate, nueces de cola y ciertas medicinas. Tiene muchos efectos en el metabolismo del cuerpo, incluyendo la estimulación del sistema nervioso central. Ésta puede hacerlo sentirse más alerta y aumentar su energía.
- **Cafestol y kahweol:** son compuestos liposolubles conocidos como diterpenos, los cuales están presentes en el aceite derivado de los granos el café. La única diferencia entre el cafestol y el kahweol es un enlace doble extra presente en el kahweol.
- **Carotenoides:** Grupo de pigmentos orgánicos de tipo lipídico que sintetizan de forma natural las plantas, algas y algunas clases de microorganismos. Tienen una función antioxidante, protectora de los radicales libres.
- **Cosmético:** Dicho de un producto que se utiliza para la higiene o

belleza del cuerpo, especialmente del rostro.

- **Diterpenos:** Nombre genérico de un grupo de hidrocarburos cíclicos, presentes en numerosos aceites esenciales de origen vegetal. Líquidos incoloros, aromáticos y volátiles.
- **Esteroides:** Los esteroides son derivados del núcleo del ciclopentanoperhidrofenantreno que se compone de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, también de 4 anillos fusionados de carbono que poseen diversos grupos funcionales y tienen partes hidrofílicas e hidrofóbicas.
- **Flavonoides.** Son pigmentos vegetales con un marcado poder antioxidante, que previenen el envejecimiento celular y los procesos degenerativos. Su estructura química es variada: fenoles, indoles, alilsulfuros, etc.
- **Lípidos:** Son una serie de compuestos que cumplen funciones en los organismos vivientes, entre ellas la de reserva energética. Son un conjunto de moléculas orgánicas, la mayoría biomoléculas, compuestas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida oxígeno, aunque también pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno.
- **Los acilgliceroles:** son ésteres del glicerol con uno o varios ácidos grasos, que pueden ser iguales o diferentes entre sí
- **Terpenoides:** son lípidos simples derivados del isopreno (2 metil 1,3 butadieno) constituyen el grupo más abundante de los aceite

vegetales responsables de los aromas y sabores.

- **Triacilglicerol**: Son acilglicerol con tres moléculas de ácido graso, en general de cadena larga, que pueden ser iguales o diferentes; se habla de triacilglicerol simples cuando hay el mismo ácido graso en las tres posiciones del glicerol, pero la mayoría son triacilglicerol mixtos, con al menos, dos ácidos grasos diferentes. Las propiedades de los triacilglicerol van a depender del tipo de ácidos grasos que contengan.
- **Trigonelina**: Alcaloide derivado de la nicotina presente en las semillas de café, Cannabis y de otras plantas. Le da el sabor característico amargo al café.
- **Trilla**: Proceso mecánico de presión y fricción para remover el endocarpio seco del café, para producir café verde

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Variables de la investigación

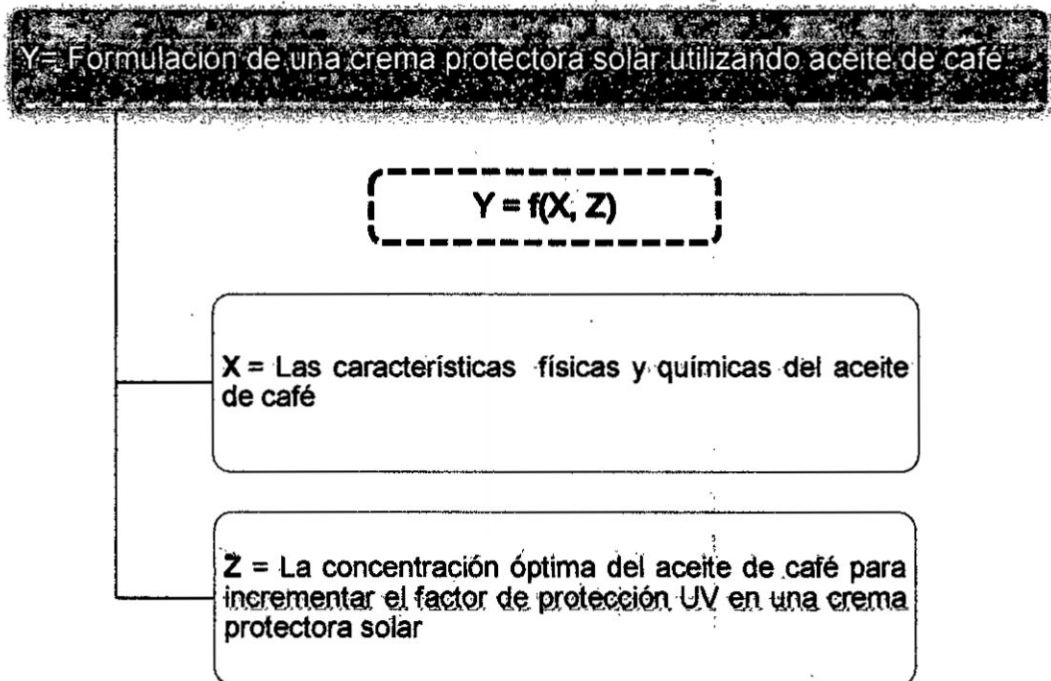
##### 3.1.1 Variable dependiente

Y: Formulación de una crema protectora solar utilizando aceite de café.

##### 3.2.2 Variables independientes

X: Las características físicas y químicas del aceite de café.

Z: La concentración óptima del aceite de café para incrementar el factor de protección UV en una crema protectora solar.





### 3.2 Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y= Formulación de una crema protectora solar utilizando aceite de café	- Nivel de protección	Factor de protección solar (FPS)	Relacionando X y Z, Analizando X y Z
VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X= Las características físicas y químicas del aceite de café.	- Características físicas  - Características químicas	- %Humedad - % Cenizas - %Impurezas insolubles - % Acidez libre - Índice de saponificación - pH - Densidad	Métodos de análisis para aceites y grasas basados en normas técnicas peruanas (NTP).
Z= La concentración óptima del aceite de café para incrementar el factor de protección UV en una Crema protectora solar.	- Concentración óptima	$\% \frac{\text{Peso aceite}}{\text{Peso crema}}$	Espectrofotométrico desarrollado por Mansur ( <i>In Vitro</i> )

### **3.3 Hipótesis**

#### **3.3.1 Hipótesis general**

Debido que el aceite extraído del café contiene filtros solares, se obtendrá una crema protectora solar que cumpla con las características técnicas requeridas para una adecuada protección solar de las personas.

#### **3.3.2 Hipótesis específicas**

- a) Debido a que aceite de café contiene componentes de filtro solar, ofrecerá protección contra la alta incidencia de radiación UV.
  
- b) Debido a que la concentración de aceite de café es óptima, se obtendrá una crema protectora solar con un mayor factor de protección de protección UV.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de investigación**

Para definir los alcances de esta investigación, es necesario saber que existen diferentes tipos de investigación según Danhke, 1989 (Citado por Hernández, Fernández y Baptista, 2010) enfoca la investigación hacia 4 tipos que son: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. En esta investigación se desarrolló un solo tipo, ya que cada uno depende de acuerdo a las necesidades de la información que desea presentar.

Ésta investigación es de tipo correlacional, debido a que se observó la relación de las características fisicoquímicas del aceite de café y la concentración óptima aceite de café en la crema protectora solar para poder dar como resultado la formulación adecuada de una crema protectora solar.

### **4.2 Diseño de la investigación**

Para la elección del diseño de ésta investigación es posible encontrar diferentes clasificaciones de los diseños. De acuerdo con las categorías de Campbell y Stanley (1966) mencionadas por Hernández, Fernández y Baptista (Metodología de la investigación, 2010: 161 – 163) pueden dividirse en pre- experimentos, experimentos puros y cuasi-experimentos.

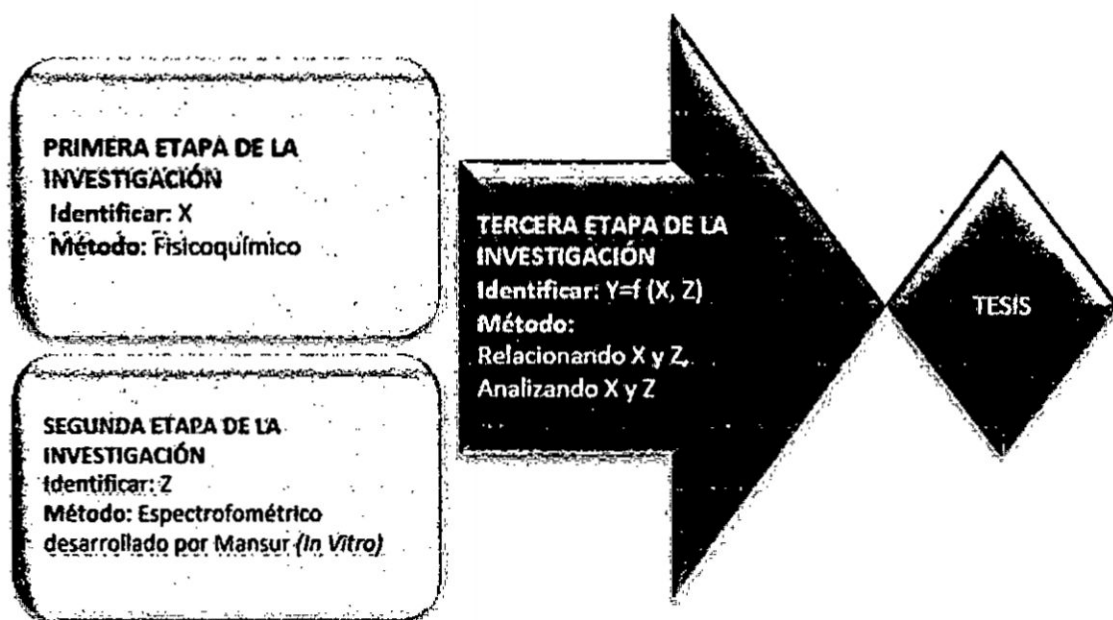
El presente trabajo de investigación se ajusta según la clasificación anterior al diseño de tipo experimento puro debido a que cumple con las siguientes características:

- Manipulación intencional de variables.
- Medición de variables.
- Control y validez.

El diseño de ésta investigación nos conduce a desarrollar el presente trabajo según el siguiente esquema (Véase el gráfico N° 4.1).

**GRÁFICO 4.1**

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**



Fuente: Elaboración propia

### **4.3 Población y muestra**

Se adquirió 20kg de café del distrito de Pichanaqui - Valle de Chanchamayo - Junín, luego de un proceso de pelado y diferente grado de tueste se extrajo el aceite de café, del cual se tomaron muestras para ésta investigación que dependieron de:

- a) La temperatura de la extracción del aceite de café por el método de extrusión.
- b) El rendimiento de extracción del aceite de café por el método de extrusión.
- c) Las características organolépticas del aceite de café extraído por el método soxhlet.
- d) El rendimiento de extracción del aceite de café por el método soxhlet.
- e) El rendimiento de extracción del aceite de café por el método de destilación de arrastre de vapor.
- f) La concentración de aceite de café en una crema protectora solar en los diferentes ensayos que se realizarán hasta obtener el factor de protección solar máximo aportado por el aceite de café.

### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **4.4.1 Lugar de ejecución**

El desarrollo de ésta investigación fue realizado en el Laboratorio de Investigación, en el Laboratorio de Físicoquímica, en el Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa y en el Laboratorio de Operaciones y

Procesos Unitarios (LOPU), todos ellos pertenecientes a la facultad de Ingeniería química de la Universidad Nacional del Callao.

#### **4.4.2 Técnicas de recolección de datos**

##### **a) Acondicionamiento de la materia prima**

El acondicionamiento de la materia prima se hizo según el procedimiento descrito en la página 81, desde el grano de café hasta el aceite de café listo para ser utilizado en la crema protectora solar.

##### **b) Análisis fisicoquímico del aceite de café**

Se determinó la humedad, cenizas, impurezas insolubles, acidez libre, índice de saponificación y densidad relativa y pH.

##### **c) Formulación de la crema protectora solar base**

Se desarrolló una formulación base para ser mezclada con el aceite de café. Se utilizaron insumos comunes en protectores solares y en cosméticos considerando la seguridad de su uso sobre la piel. Se fueron variando las concentraciones de cada insumo hasta obtener una consistencia adecuada para la aplicación cutánea.

#### **d) Formulación de la crema protectora solar utilizando aceite de café**

Una vez encontrada la consistencia apropiada para la crema protectora solar base se añadieron y fueron variando las cantidades de aceite de café, se mezcló hasta obtener una mezcla homogénea.

#### **d) Determinación del factor de protección solar (FPS)**

Se analizaron las diferentes formulaciones mediante el método espectrofotométrico de Mansur (véase en el anexo N° 02, pág. 70 y 71 del anexo) para determinar la concentración óptima a la cual brinda el mayor factor de protección solar.

#### **e) Análisis de la estabilidad de la crema protectora solar**

Para la formulación con el mayor factor de protección solar se evaluó los parámetros de color, olor, aspecto, consistencia y pH. Luego se evaluó los mismos parámetros a 30, 60 y 90 días para su comparación con la formulación inicial.

#### **4.4.3 Instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos se utilizaron diferentes equipos, materiales y reactivos de laboratorio. A continuación se mencionan dichos requerimientos:

**a) Materia prima e insumos**

- Aceite de café
- Agua destilada
- Semillas de café

**b) Materiales**

- Baguetas
- Balón esmerilado de 250 ml
- Botellas de plástico de 200 ml
- Celda de cuarzo de 5 mm
- Crisol filtrante gooch de vidrio
- Cucharon de madera
- Desecador
- Fiolas de 25, 50 , 100 y 250 ml
- Frascos de plásticos 50ml
- Jeringas de 10ml
- Luna de reloj
- Matraz 250ml
- Papel Wypall
- Picnómetro 25 ml
- Refrigerante de bolas
- Sartén
- Termómetro 0°C – 200°C



- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitado de 100, 150 y 250 ml

### **c) Reactivos**

- Acido esteárico
- Alcohol etílico absoluto
- Alcohol etílico 95°
- Éter de petróleo 40 a 60 °C de ebullición
- Glicerina
- Hexano
- Dióxido de titanio
- Óxido de zinc
- Propilenglicol
- Solución de fenolftaleína al 1% en alcohol
- Solución de HCl 0.5N
- Solución de KOH en alcohol (20g de KOH en 250 ml de alcohol etílico absoluto)
- Solución de NaOH 0.1 N

### **d) Equipos**

- Balanza analítica Boeco - BBI-31
- Cocinilla eléctrica Finezza con termostato de 6 niveles
- Equipo soxhlet

- Espectrofotómetro UV /visible Varian Cary 50
- Estufa L- C oven
- Extrusor manual de semillas
- Molino manual
- Mufla Furnace 1400
- Resistencia de banda eléctrica (0-300 C°)
- Multimedidor digital de 2 canales HQ40d

#### **4.5 Procedimientos de recolección de datos**

Para la realización de ésta investigación se utilizaron los siguientes métodos de recolección descritos a continuación.

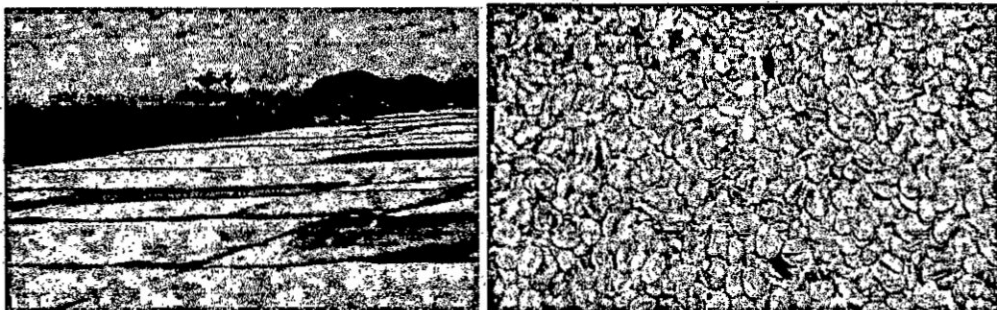
##### **4.5.1 Acondicionamiento de la materia prima**

###### **a) Adquisición de los granos de café**

Se adquirió la materia prima en presentación de café pergamino seco, es decir el grano seco cubierto con una cáscara amarilla opaca.

**FIGURA N°4.1**

#### **GRANOS DE CAFÉ PERGAMINO SECO**

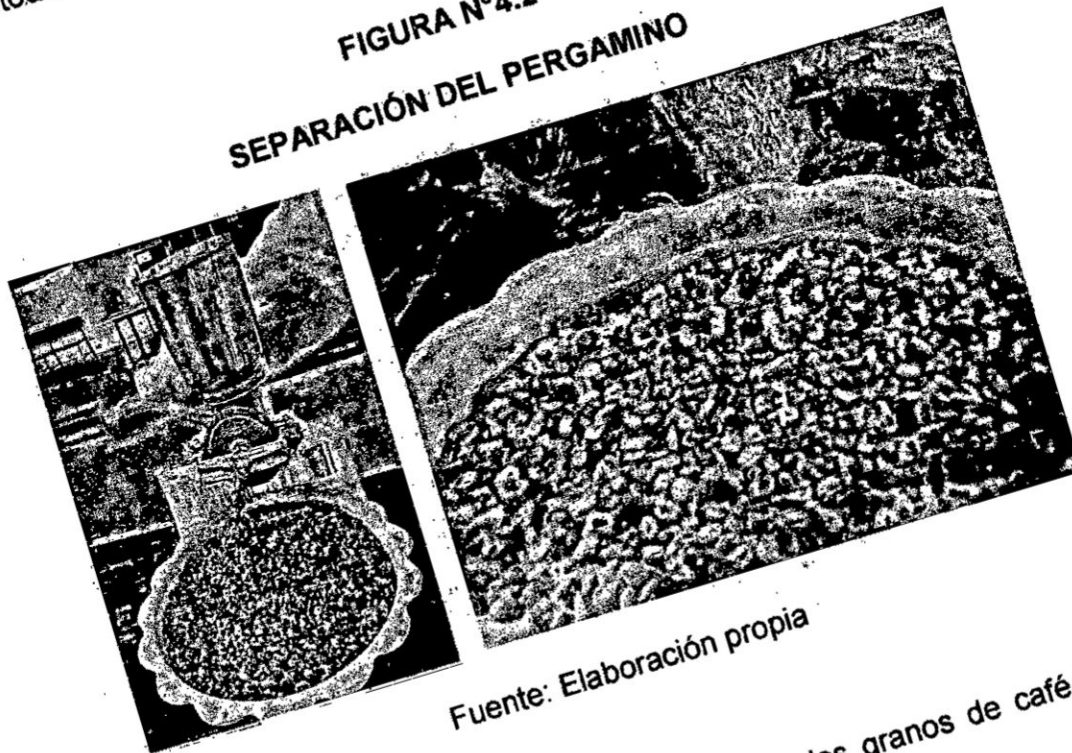


Fuente: Elaboración propia

**b) Separación del pergamino**

Se procedió a trillar los granos de café con la ayuda de un molino casero hasta romper la cáscara o pergamino que recubre la semilla de café hasta obtener la almendra o café verde. Luego se utilizó un método de ventilación casero para separar el grano del pergamino.

**FIGURA N°4.2**  
**SEPARACIÓN DEL PERGAMINO**

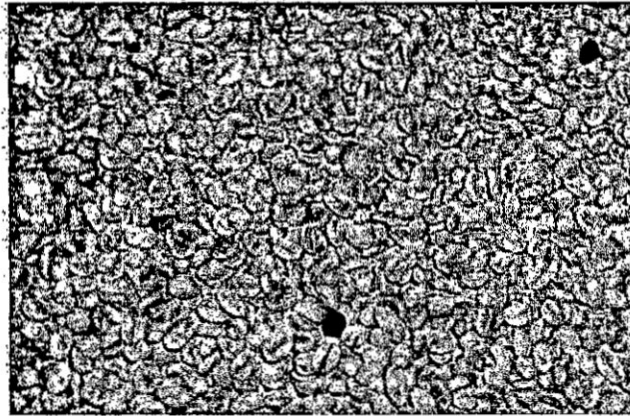


Fuente: Elaboración propia

Una vez que fue separado el pergamino los granos de café verde quedaron listos para el proceso de tostado.

**FIGURA N°4.3**

**GRANOS DE CAFÉ VERDE**



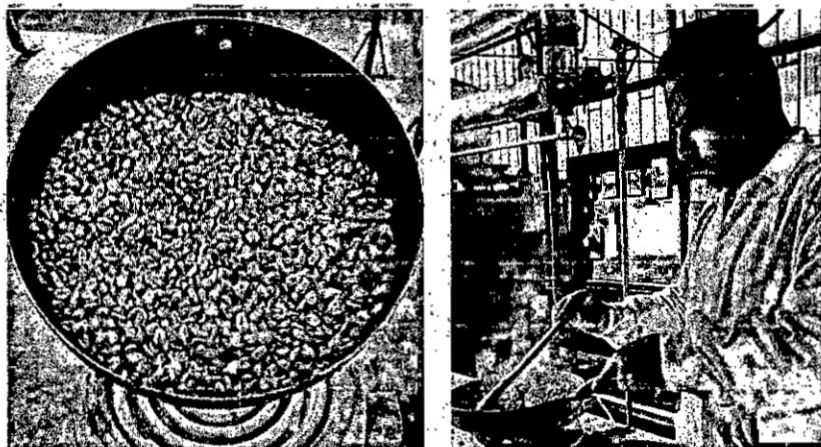
Fuente: Elaboración propia

**c) Tostado del café**

Los granos de café verde se sometieron a un proceso de tostado, los diferentes grados de tueste que se obtuvieron fueron proporcionalmente al tiempo de contacto con la fuente de calor.

**FIGURA N°4.4**

**TOSTADO DEL GRANO DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N°4.5**

**COLORACIÓN DEL CAFÉ VERDE HASTA TOSTADO OSCURO**



Fuente: Elaboración propia

**d) Molienda**

Una vez tostado los granos de café se procedió al proceso de molienda con un molino casero para facilitar el proceso de extracción del aceite siguiente.

**FIGURA N°4.6**

**CAFÉ MOLIDO CON LA AYUDA DE UN MOLINO CASERO**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2 Extracción del aceite de café

El café molido fue sometido al proceso de extracción de aceite mediante los siguientes métodos:

- Extracción por solvente
- Extracción por extrusión
- Extracción por arrastre de vapor

##### a) Por solvente

Se procedió a preparar un cartucho para equipo Soxhlet usando el papel Wypall haciendo uso de una aguja e hilo. Luego se llenó el cartucho con el café molido para taparlo con algodón e insertarlo al equipo Soxhlet.

**FIGURA N°4.7**

#### **PREPARACIÓN DEL CARTUCHO PARA EL EQUIPO SOXHLET**



Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a instalar el balón y el cuerpo principal del equipo Soxhlet, se añadió el hexano para extraer el aceite del café molido. Luego se colocó en la parte superior el enfriador el cual actúa como un refrigerante haciendo circular agua a temperatura ambiente.

**FIGURA N°4.8**  
**INSTALACIÓN DEL EQUIPO SOXHLET**

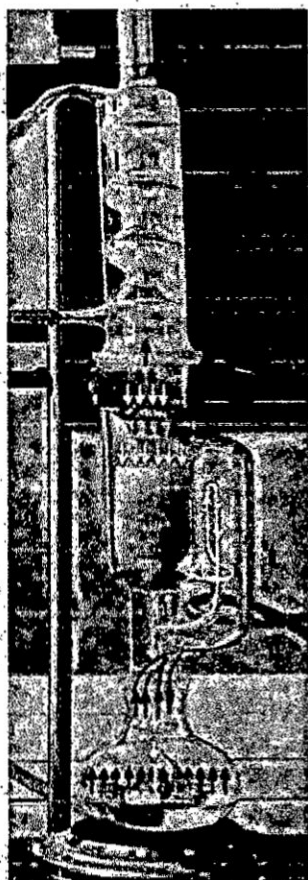


Fuente: Elaboración propia

Una vez instalado el equipo Soxhlet se aumentó la temperatura gradualmente hasta llegar a los 68°C, que es la temperatura de ebullición del hexano, para dar inicio al ciclo del hexano.

FIGURA N°4.9

RECORRIDO DEL HEXANO DENTRO DEL EQUIPO SOXHLET



- Hexano ascendente
- Hexano descendente
- Agua para enfriamiento

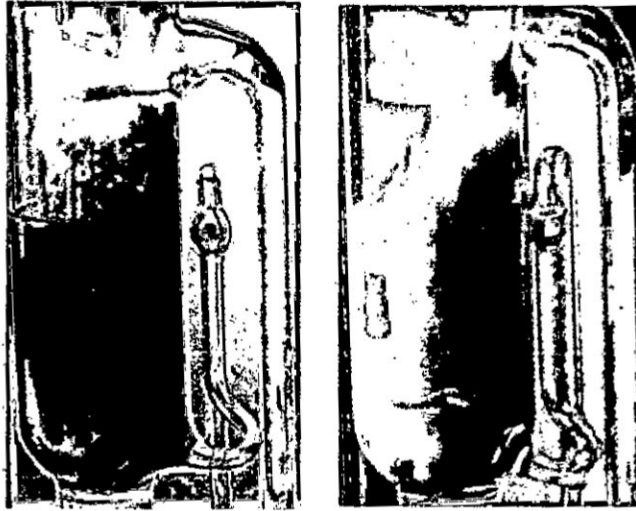
Fuente: Elaboración propia

Luego de 10 a 12 ciclos aproximadamente se observó que el solvente en contacto con el cartucho fue disminuyendo notablemente, de color pardo (al inicio) a uno amarillo tenue. Esto indicó que la mayor parte de aceite ya fue extraído del café molido, y por consiguiente el color en el balón se fue intensificando debido a que es ahí donde se encontró el aceite de café arrastrado por el vapor del hexano.



**FIGURA N°4.10**

**COMPARACIÓN DE LA CARGA DE HEXANO AL EQUIPO AL INICIO Y AL FINAL DE ÚLTIMA ETAPA DE RECIRCULACIÓN**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N°4.11**

**INTENSIFICACIÓN DEL COLOR A MARRÓN DE LA SOLUCIÓN EN EL BALÓN DONDE ES ARRASTRADO EL ACEITE DE CAFÉ.**



Fuente: Elaboración propia

El solvente fue recuperado en el mismo lugar donde se insertó el cartucho y en el balón se obtuvo el aceite de café al 94%, pues un 6% se considera que es hexano. Para volatilizar el hexano residual se dejó expuesto el balón a un ambiente caluroso quedando 100% aceite de café.

**FIGURA N°4.12**  
**VOLATILIZADO DEL HEXANO RESIDUAL HASTA QUEDAR**  
**SÓLO ACEITE**



Fuente: Elaboración propia

La prueba se hizo para dos grados de tueste de café y los resultados fueron favorables al café de tueste oscuro tal como se muestra en los resultados en el cuadro N° 5.1 en la página 116.

#### **b) Extracción por extrusión**

Para la obtención óptima del aceite de café por el método de extrusión se utilizó el método factorial  $3^3$ , ver cuadro N° 4.1 en la página 90 y cuadro 5.3 en la página 118.

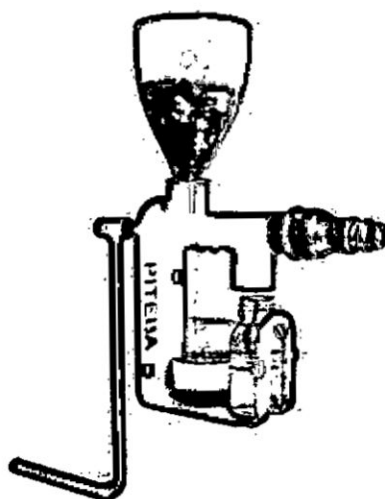
**CUADRO N° 4.1**  
**VARIABLES DEL DISEÑO FACTORIAL PARA LA ÓBTENCIÓN**  
**DEL ACEITE DE CAFÉ POR EXTRUSIÓN**

Variables	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Nivel de tostado	Verde	Semitostado	Testado
Temperatura de extrusión (°C)	100	180	250
Nivel de Molido del grano	Fino	Grueso	Entero

Fuente: Elaboración propia

Para éste método se utilizó un extrusor manual para extracción de aceite de semillas.

**FIGURA N°4.13**  
**EQUIPO EXTRUSOR DE ACEITE DE SEMILLAS**



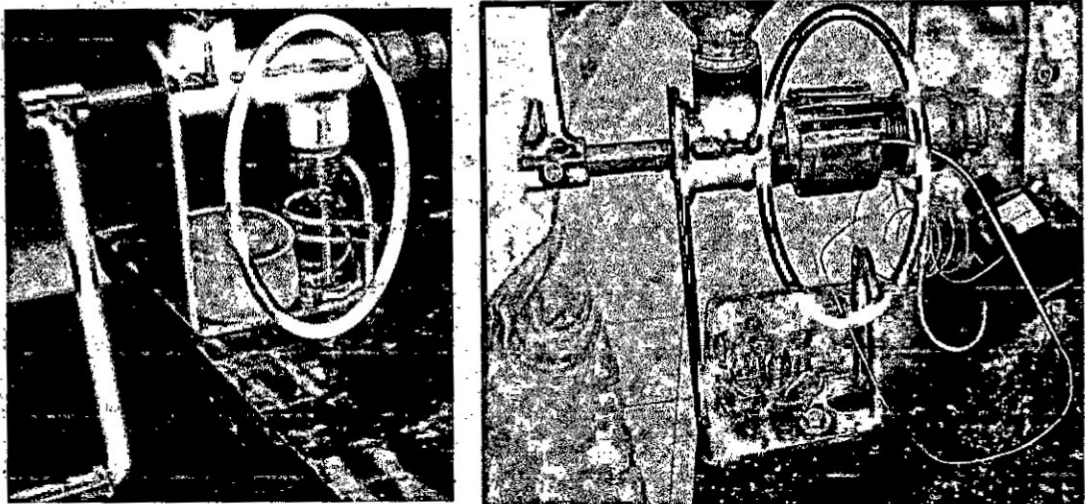
Pudimos comprobar en pruebas preliminares que el equipo trabajó eficientemente con semillas tales como las de girasol y las de soja, pero al trabajar con el grano de café se presentaron ciertas dificultades

para operarla ya que el grano de café es mucho más duro que los anteriormente mencionados.

Para solucionar este problema tuvimos que modificar el equipo extrusor retirando la boca inferior que va hacia el mechero e instalando una resistencia eléctrica de banda con un termostato para poder controlar la temperatura del sistema.

**FIGURA N°4.14**

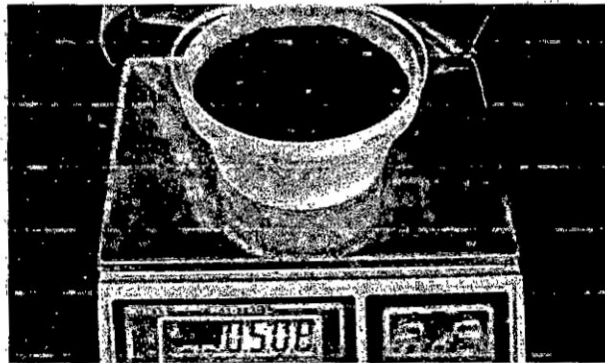
**MODIFICACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR DEL EQUIPO EXTRUSOR,  
DE MECHERO A RESISTENCIA ELÉCTRICA**



Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber instalado la resistencia eléctrica y considerando una temperatura de  $180^{\circ}\text{C}$  se obtuvo éxito en la extracción del aceite de café, a continuación el detalle del proceso de extrusión:

**FIGURA N° 4.15**  
**PESADO DE CAFÉ MOLIDO**



Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 4.16**  
**ALIMENTACIÓN DEL CAFÉ A LA TOLVA DE RECEPCIÓN DEL**  
**EQUIPO EXTRUSOR**



Fuente: Elaboración Propia

Cada vez que se giraba la manivela se lograba que el sistema helicoidal genere presión en la salida estrecha.

Al cabo de 10 a 15 minutos de girar la manivela se visualizó el inicio de la torta de café con presencia de aceite en la superficie.

**FIGURA N° 4.17**  
**FORMACIÓN DE LA TORTA DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración Propia

Al cabo de 25 minutos aproximadamente empezó a salir la torta de forma compacta debido a la alta presión que se generó dentro del extrusor, lo cual ocasionó que el aceite de café regrese hacia la ranura de salida donde comenzó a fluir al depósito de recepción.

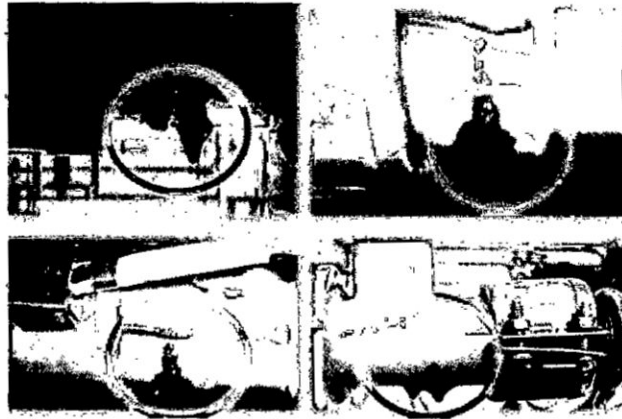
**FIGURA N° 4.18**  
**SALIDA DE LA TORTA DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 4.19**

**SALIDA DEL ACEITE DE CAFÉ EN EL EQUIPO EXTRUSOR**



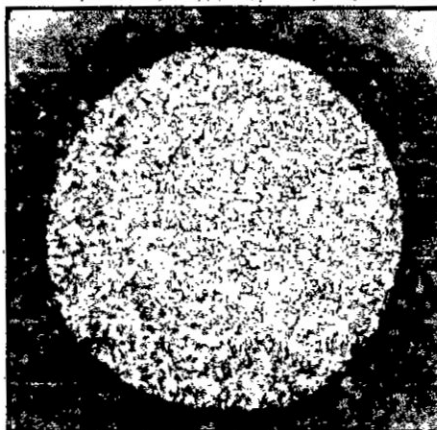
Fuente: Elaboración Propia

**c) Por Arrastre de vapor**

Se insertó café semitostado y molido al destilador instalado en LÖPU para obtener el aceite de café por el método de arrastre de vapor.

**FIGURA N° 4.20**

**CAFÉ MOLIDO Y SEMITOSTADO EN EL EQUIPO DE  
DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR**

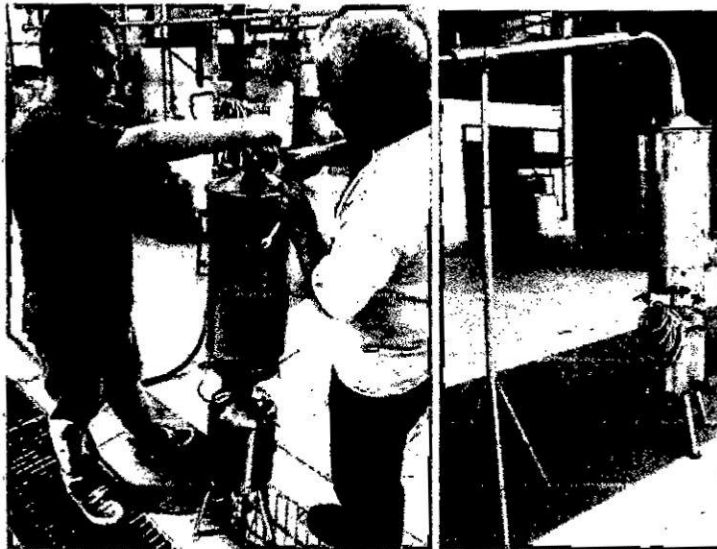


Fuente: Elaboración Propia

Se procedió a cerrar el equipo y prepararlo para poner en marcha la destilación por arrastre de vapor.

**FIGURA N° 4.21**

**DISPOSICIÓN DEL EQUIPO PARA INICIAR EL PROCESO DE  
ARRASTRE POR VAPOR**



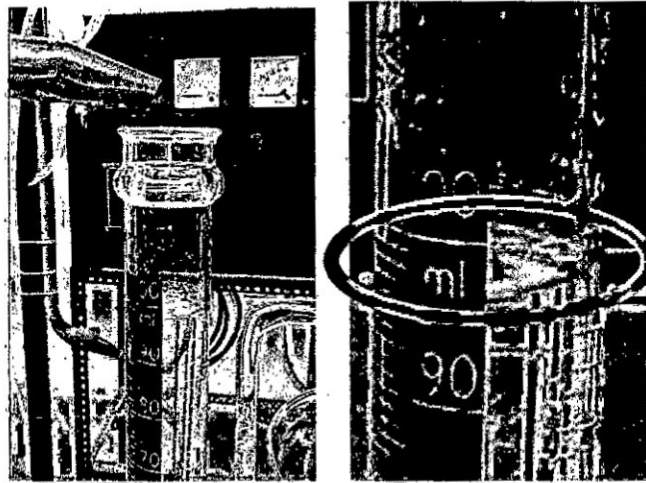
Fuente: Elaboración Propia

Luego de 3 horas dentro del equipo y con paso constante de vapor de agua se observa que la cantidad de aceite extraído es mínima, se observa apenas una línea de aceite de café sobre la superficie del agua.



**FIGURA N° 4.22**

**SALIDA DEL ACEITE DE CAFÉ POR EL MÉTODO DE DESTILACIÓN  
POR ARRASTRE DE VAPOR**



Fuente: Elaboración Propia

La cantidad de aceite que se extrajo por este método fue mínima por lo que se descartó este método de extracción, además de contener gran cantidad de humedad propia de este proceso.

**4.5.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ACEITE DE CAFÉ**

**a) Determinación de la humedad (NTP 209.004 aceites y grasas comestibles)**

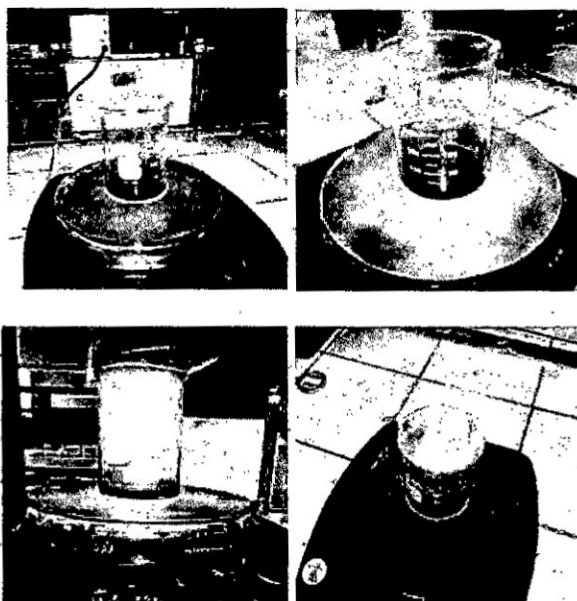
Se pesó 5g de aceite de café y se introdujo en un vaso de precipitado, se llevó a calentamiento con ayuda de una cocinilla hasta a la aparición de vapor. Se comprobó que el agua haya sido vaporizada verificando que la luna de reloj no contenga vapor.

El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso vaso con aceite húmedo} - \text{peso vaso con aceite seco}}{\text{peso de muestra de aceite}}$$

**FIGURA N° 4.23**

**DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE ACEITE DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración Propia

**b) Determinación de cenizas (NTP 209.056 aceites y grasas comestibles)**

Se pesó 5g de aceite de café, se colocó dentro de un crisol seco y con la ayuda de un mechero se calentó hasta que la superficie empezó a quemarse. Finalmente se colocó dentro de la mufla por espacio de 1 hora a 550°C.

El porcentaje de cenizas se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{G_2 - G_1}{G} \times 100$$

Donde:

C: porcentaje de cenizas

G<sub>1</sub>: peso de crisol vacío en gramos

G<sub>2</sub>: peso de crisol mas cenizas en gramos

G: peso de la muestra en gramos

**FIGURA N° 4.24**

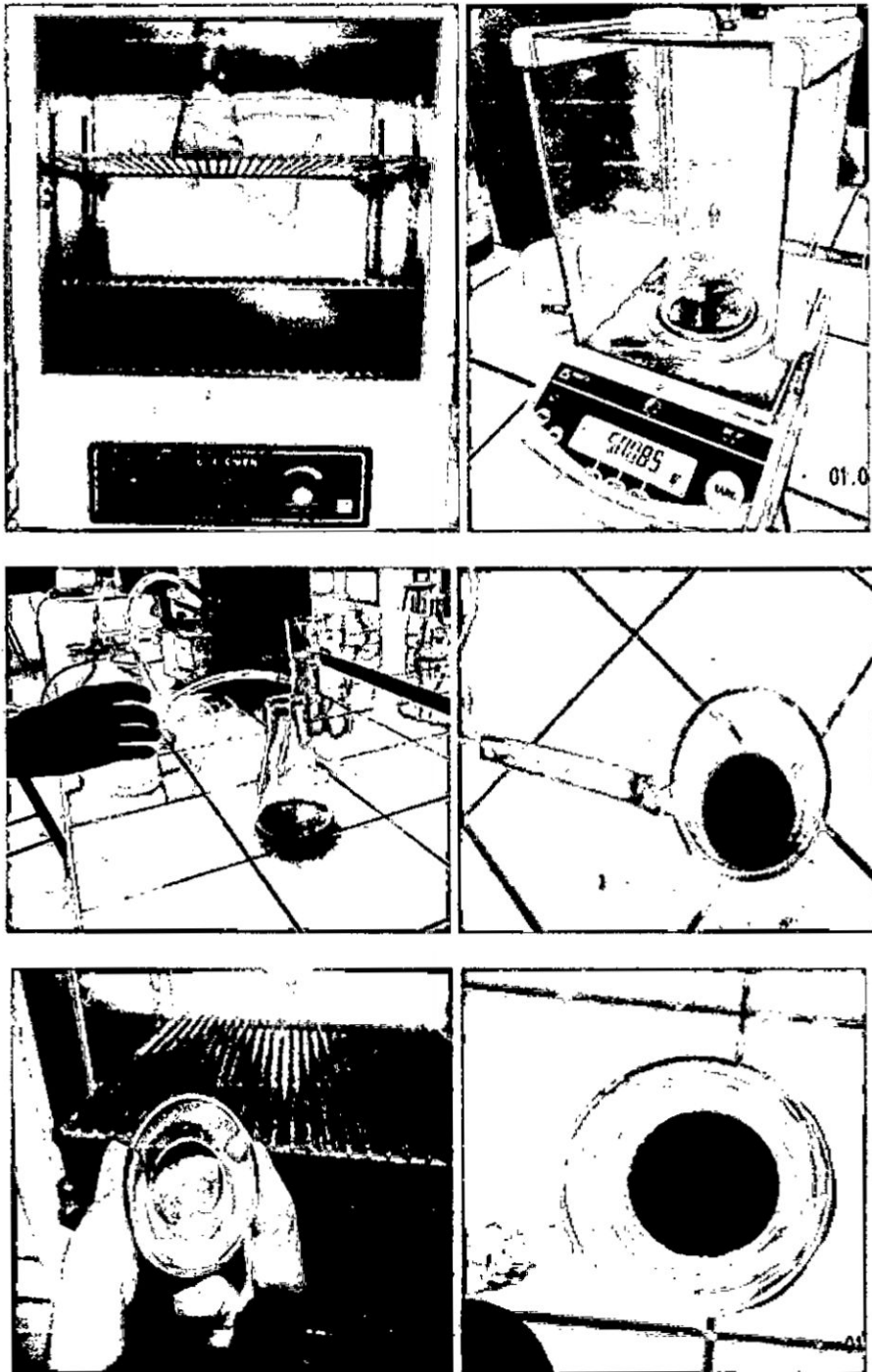
**DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DEL ACEITE DE CAFE**



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 4.25

DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS INSOLUBLES DEL ACEITE  
DE CAFÉ



Fuente: Elaboración Propia

**d) Determinación de la acidez libre (NTP 209.005 aceites y grasas comestibles)**

Se preparó 100 ml de solución de fenolftaleína 1% en alcohol de 95%. Por otro lado, 50ml de alcohol de 95% se titularon con hidróxido de sodio al 0,1N y se procedió a agregar unos 2 ml de fenolftaleína hasta el viraje al color rosado tenue. Se tomó 50 ml de esta solución y se llevó a la estufa por 20 min.

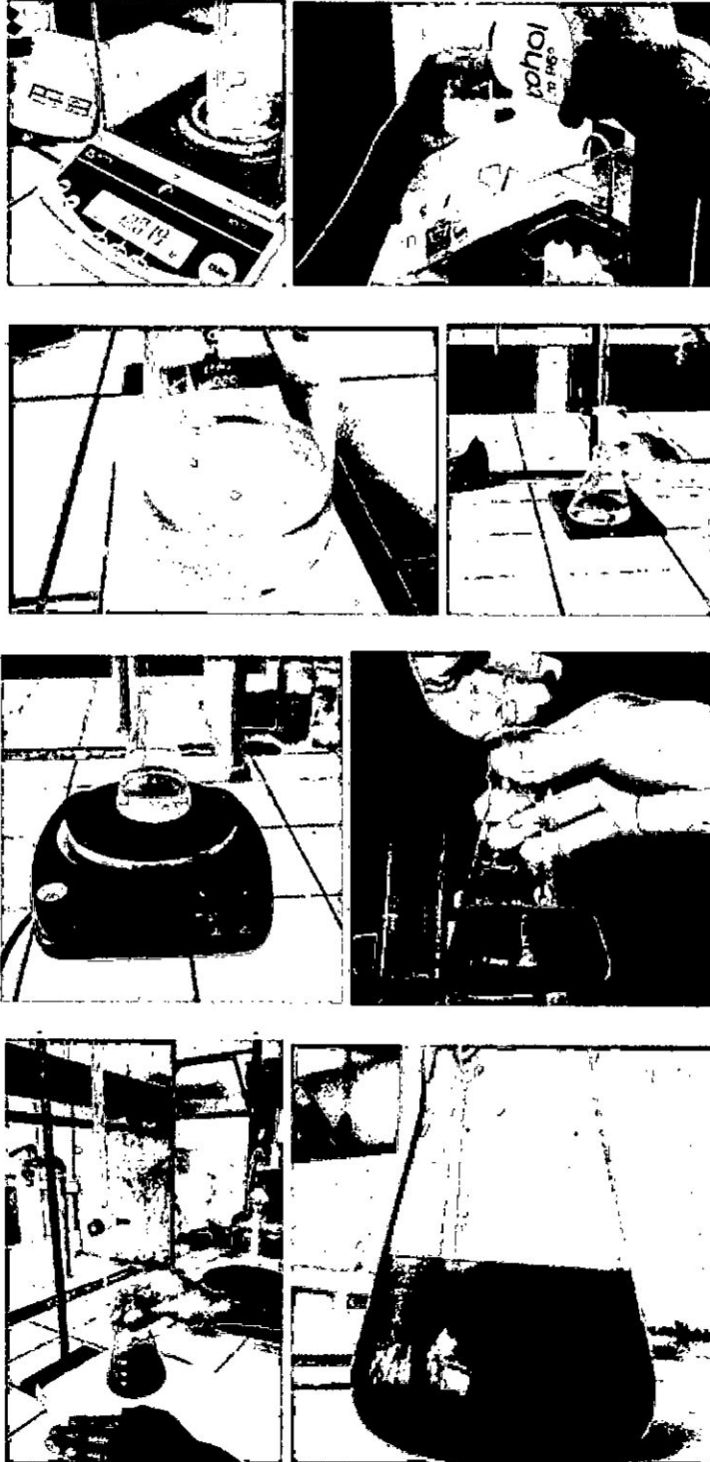
Se pesó 2.5 g de aceite de café y se le añadió a la solución previamente calentada hasta su completa dilución. A continuación se le agregó 2 ml de solución de fenolftaleína, seguidamente se tituló con la solución de hidróxido de sodio 0,1N hasta el viraje del color de la solución.

Se determinó la cantidad de acidez libre con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Acidez Libre} = \frac{\text{ml de álcali} \times N \times 28.2}{\text{Peso de la muestra}}$$

FIGURA N° 4.26

DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ LIBRE DEL ACIETE DE CAFÉ



Fuente: Elaboración Propia

**e) Determinación del índice de saponificación (NTP 209.058 grasas y aceites comestibles)**

Se preparó soluciones de HCl 0,5N y KOH alcohólica en etanol puro (10g de KOH en 250 ml de etanol puro), a 50ml de esta última se le adicionó 5g de muestra de aceite de café y se llevó a un balón conectado a un refrigerante de bolas durante 30 min, a continuación se dejó enfriar, luego se le adicionó fenolftaleína al 1% en alcohol de 95° y se tituló con la solución de HCl 0.5N.

Los resultados del índice de saponificación se calcularon aplicando la siguiente ecuación:

$$IS = \frac{56.10(V_1 - V_2)N}{G}$$

Donde:

IS: Índice de saponificación

V<sub>1</sub>: Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la valoración del ensayo en blanco, en cm<sup>3</sup>

V<sub>2</sub>: Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la valoración de la muestra, en cm<sup>3</sup>

N: Normalidad de la solución de HCl

G: Peso de la muestra empleada en el ensayo, en gramos

**FIGURA N° 4.27**

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración Propia

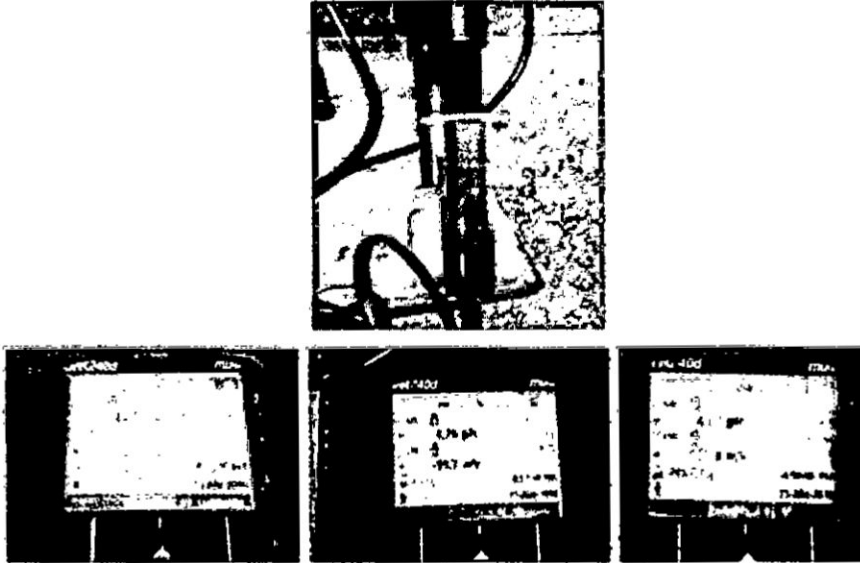
**f) Determinación del pH del aceite de café**

Se utilizó un multimetedor digital para la medición del pH, se insertó el diodo dentro de un tubo con contenido de aceite de café y se capturó el valor del pH una vez que se estabiliza la lectura del medidor.



**FIGURA N° 4.28**

**DETERMINACIÓN DEL pH DEL ACEITE DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración Propia.

**4.5.4 FORMULACIÓN DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR BASE**

Se utilizaron insumos que conforman la fase oleosa y acuosa para la elaboración de la crema base considerando proporciones que lleven a una consistencia aceptable para ser untada sobre la piel.

**CUADRO N°4.2**

**INSUMOS DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR BASE**

<b>FASE</b>	<b>INSUMOS</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Fase Oleosa	Ácido Estearico	Dar consistencia
	Dióxido de Titano (TiO <sub>2</sub> )	Filtro solar
	Óxido de zinc	Filtro solar
Fase acuosa	Glicerina	Vehículo
	Propilenglicol	Dar consistencia

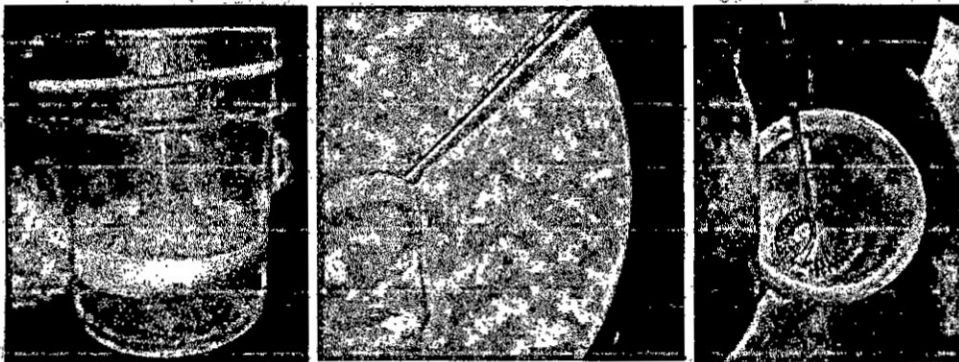
Fuente: Elaboración Propia

Para la preparación de la crema protectora solar se mezcló en principio la glicerina, el propilenglicol y el ácido esteárico para ser llevados a baño maría durante unos 10 minutos controlando la temperatura entre 80°C a 85°C, a continuación se añadió el ZnO y el TiO<sub>2</sub> y se sumergió nuevamente en baño maría a la misma temperatura y tiempo.

A continuación se procedió a agitar vigorosamente, con ayuda de un agitador eléctrico, durante 2 minutos hasta que se logró una pasta homogénea, luego se dejó enfriar por 30 minutos.

**FIGURA N° 4.29**

**PREPARACIÓN DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR BASE**



Fuente. Elaboración propia

**4.5.5 Formulación de la crema protectora solar utilizando aceite de café**

A partir de la formulación obtenida de la crema base se agregó el aceite de café variando la concentración en esta hasta obtener la concentración que brinda el mayor factor de protección.

Para la obtención de la crema se utilizaron 12 formulaciones utilizando el aceite de café, las cuales fueron analizadas en el espectrofotómetro UV por quintuplicado y encontrándose la concentración óptima de aceite de café en crema para el valor que refleja mayor factor de protección solar (FPS).

**CUADRO N°4.3**

**INSUMOS DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR CON ACEITE DE CAFÉ**

FASE	INSUMOS	FUNCIÓN
Fase Óleosa	Acido Esteárico	Da consistencia
	Dióxido de Titano (TiO <sub>2</sub> )	Filtro solar
	Óxido de zinc	Filtro solar
	Aceite de café	Filtro solar y emoliente
Fase acuosa	Glicerina	Vehículo
	Propilenglicol	Da consistencia

Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 4.30**

**FORMULACIONES DE CREMAS PROTECTORAS SOLAR A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITE DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.6 Determinación del factor de protección solar (FPS)

Se utilizó el método espectrofotométrico desarrollado por Mansur en cual se diluyó la formulación en etanol 96° hasta la concentración de 0.2mg/ml como lo estableció el autor.

Para obtener las muestras diluidas se pesó 1g de las diferentes formulaciones y se enrasó en una fiola con alcohol a 100ml agitándolo hasta homogenizar, luego se filtró la solución con algodón para obtener una solución libre de sólidos en suspensión para su lectura en el espectrofotómetro.

Para determinar el FPS se utilizó el método espectrofotométrico de Mansur (véase página 70 en el anexo 02) utilizando la siguiente ecuación:

$$FPS = FC \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda)$$

Donde:

FPS: factor de protección solar

FC: factor de corrección igual a 10

EE( $\lambda$ ): Espectro de acción eritemal

I ( $\lambda$ ): Intensidad del espectro solar

Abs ( $\lambda$ ): Absorbancia de la muestra

**FIGURA N° 4.31**

**PESADO DE 1g DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N° 4.32**

**HOMOGENIZACIÓN Y FILTRADO DE LA SOLUCIÓN**

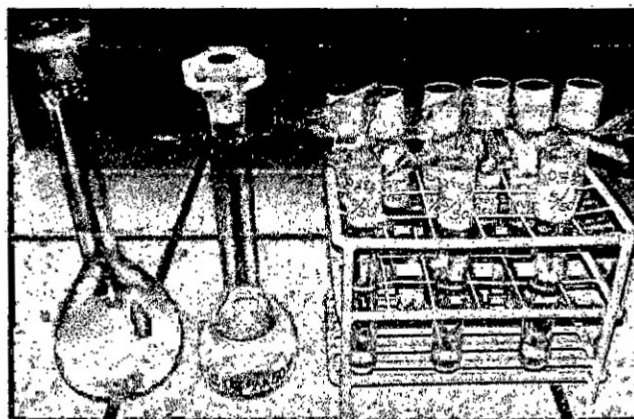


Fuente: Elaboración propia

De la muestra filtrada se tomó una alícuota de 5 mL y se diluyó con alcohol en una fiola de 50 mL, finalmente de ésta última dilución se tomó 5ml para ser diluidos en una fiola de 25mL.

**FIGURA N° 4.33**

**DILUCIÓN SUCESIVA DE LA SOLUCIÓN INICIAL**



Fuente: Elaboración propia

**4.5.7 Análisis de la estabilidad de la crema protectora solar**

Se analizó la crema en función de color, olor, aspecto, pH y FPS para 0, 30 y 60 días, estas dos últimas se compararon con la fórmula óptima inicial del día cero. En las figuras N° 4.36 y 4.37 en la página 112 se observa un gráfico que demuestra un comportamiento similar en las lecturas de la absorbancia con la muestra N°8 en el día cero.

**FIGURA N° 4.34**

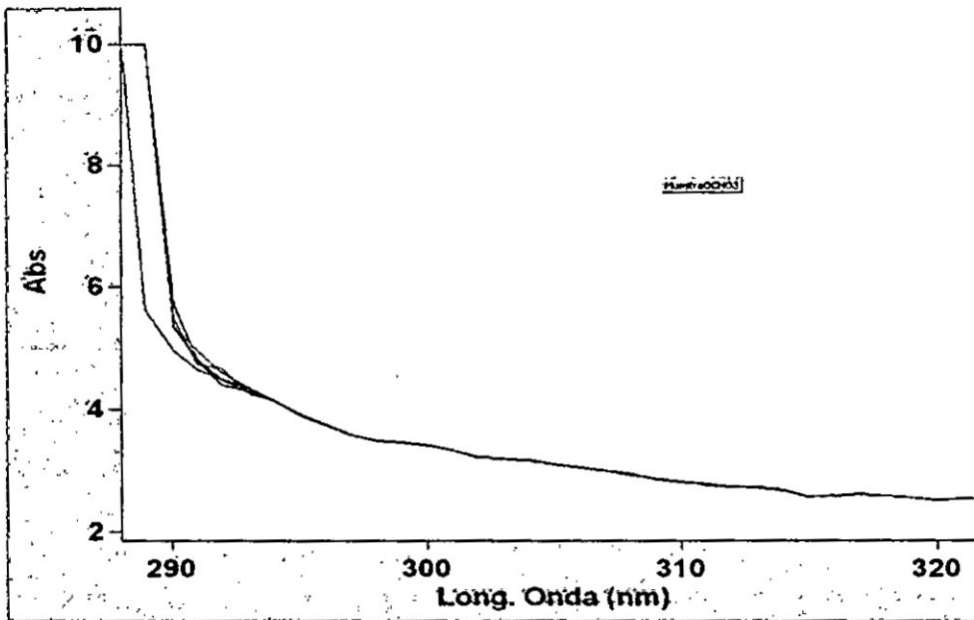
**LECTURA DE pH DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR**



Fuente: Elaboración Propia.

**GRÁFICO N° 4.2**

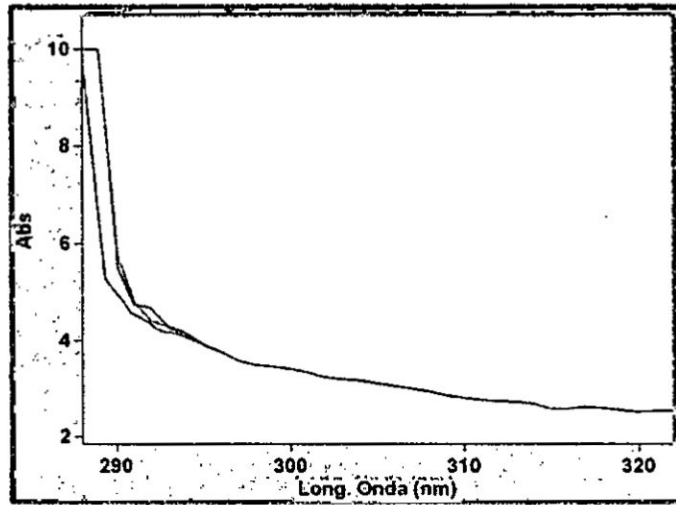
**LECTURA DEL FPS A CERO DÍAS DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR CON LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DEL ACEITE DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración propia.

### GRÁFICO N° 4.3

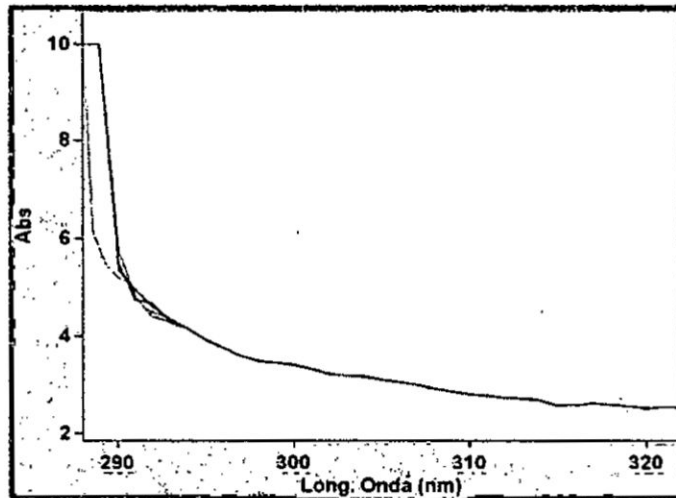
LECTURA DEL FPS A 30 DÍAS DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR  
CON LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DEL ACEITE DE CAFÉ



Fuente: Elaboración propia.

### GRÁFICO N° 4.4

LECTURA DEL FPS A 60 DÍAS DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR  
CON LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DEL ACEITE DE CAFÉ



Fuente: Elaboración propia.

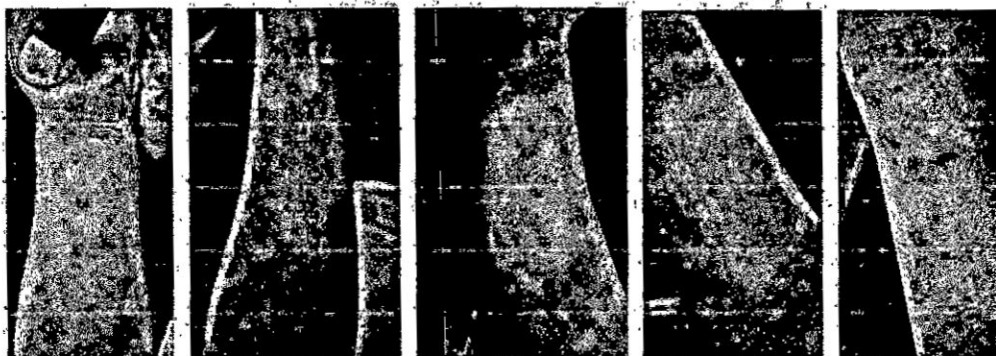


#### **4.5.8 Pruebas de aplicación directa sobre la piel**

Se han realizado pruebas de aplicación directa sobre la piel en personas que participaron voluntariamente para comprobar la inocuidad de la crema protectora solar utilizando aceite de café.

**FIGURA N° 4.35**

**APLICACIÓN DIRECTA SOBRE LA PIEL DE LA CREMA  
PROTECTORA SOLAR UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ**



Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos**

##### **4.6.1 Ensayos preliminares**

Con el objetivo de corroborar la capacidad de filtro UV en los diferentes tipos de aceite extraído por el método de extrusión (grano verde, semitostado, y tostado) se hizo un ensayo preliminar sometiendo las muestras de aceite de café a la lectura en un uveómetro, dando como resultado que los tres tipos de aceite filtran el máximo de radiación UV, para este caso el de proteger 400nm de radiación.

## FIGURA N° 4.36

### LECTURA DEL FILTRO UV DEL ACEITE DE CAFÉ EN EL UVEOMETRO



Fuente. Elaboración Propia.

Debido a que los tres tipos de aceite de café filtran el espectro UV y además considerando los resultados obtenidos aplicando el método factorial para un mayor rendimiento en la extracción, se decidió realizar la formulación de la crema con el aceite de café obtenido del grado semitostado.

Se realizó la extracción del aceite de café de acuerdo al método factorial  $3^3$ , siendo las variables la temperatura extrusión, grado de tueste y el nivel de molido del grano de café. Se realizó un total de 27 ensayos para determinar las condiciones de operación de extracción del aceite, determinándose el mayor rendimiento para una temperatura de  $180^{\circ}\text{C}$ , un nivel de tueste medio y un grano semimolido.

#### **4.6.2 Rendimiento óptimo de la extracción del aceite de café**

Se utilizó un diseño factorial de  $3^3$  considerando las variables: nivel de tueste, temperatura de extrusión y nivel de molido tal como se indica en los cuadros 5.2 y 5.3 en las páginas 115 y 116 respectivamente.

#### **4.6.3 Formulación final de la crema protectora solar utilizando aceite de café**

Se analizaron las 12 muestras de crema protectora solar base con diferentes porcentajes de contenido de aceite de café y se tomó como formulación final la que presenta mayor factor de protección solar.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Extracción del aceite de café

#### 5.1.1. Resultados de extracción de aceite de café por método Soxhlet

En el cuadro N° 5.1 se muestra el rendimiento de la extracción del aceite de café por el método Soxhlet para dos niveles de tueste: tostado oscuro y tostado suave.

**CUADRO N°5.1**  
**RENDIMIENTO DEL MÉTODO SOXHLET SEGÚN EL GRADO DE TUESTE**

<b>ASPECTO</b>	<b>CAFÉ TOSTADO OSCURO</b>	<b>CAFÉ TOSTADO SUAVE</b>
Peso cartucho (g)	1.9001	2.8003
Peso café + cartucho (g)	21.9004	24.3008
Peso neto café (g)	20.0014	21.5005
Peso balón (g)	109.2011	109.2012
Peso balón + aceite de café (g)	112.8004	112.2003
Peso neto aceite de café (g)	3.4002	3.0125
<b>RENDIMIENTO (%)</b>	<b>17%</b>	<b>13.95%</b>

Fuente: Elaboración propia

Para este método se obtiene un mayor rendimiento con respecto al método de extracción por extrusión pero se descarta por contener residuos de hexano el cual no es recomendable para uso cosmético por su toxicidad.

CUADRO N° 5.3

DATOS DEL DISEÑO FACTORIAL

PRUEBA	NIVEL DE TUESTE	TEMPERATURA (°C)	NIVEL DE MOLIDO	% RENDIMIENTO
1	SIN TOSTAR	100	FINO	4.84%
2	SIN TOSTAR	100	GRUESO	4.42%
3	SIN TOSTAR	100	ENTERO	3.86%
4	SIN TOSTAR	180	FINO	5.90%
5	SIN TOSTAR	180	GRUESO	5.50%
6	SIN TOSTAR	180	ENTERO	4.85%
7	SIN TOSTAR	250	FINO	6.08%
8	SIN TOSTAR	250	GRUESO	5.92%
9	SIN TOSTAR	250	ENTERO	4.98%
10	SEMITOSTADO	100	FINO	9.72%
11	SEMITOSTADO	100	GRUESO	8.25%
12	SEMITOSTADO	100	ENTERO	7.20%
13	SEMITOSTADO	180	FINO	12.24%
14	SEMITOSTADO	180	GRUESO	12.52%
15	SEMITOSTADO	180	ENTERO	9.08%
16	SEMITOSTADO	250	FINO	12.48%
17	SEMITOSTADO	250	GRUESO	12.28%
18	SEMITOSTADO	250	ENTERO	9.20%
19	TOSTADO	100	FINO	10.56%
20	TOSTADO	100	GRUESO	9.85%
21	TOSTADO	100	ENTERO	7.96%
22	TOSTADO	180	FINO	12.50%
23	TOSTADO	180	GRUESO	12.30%
24	TOSTADO	180	ENTERO	9.32%
25	TOSTADO	250	FINO	12.32%
26	TOSTADO	250	GRUESO	12.40%
27	TOSTADO	250	ENTERO	10.54%

Fuente: Elaboración propia

Se determina que este método es recomendable por obtener aceite de café con una alta carga volátil responsable del aroma característico del café, además de la pureza del aceite por no contener contaminantes químicos.

Las cantidades de café utilizado para las condiciones óptimas de extracción por extrusión se detallan en el cuadro N° 5.4.

**CUADRO N°5.4**  
**CANTIDADES DE CAFÉ Y PORCENTAJE DE ACEITE DE CAFÉ**  
**RECUPERADO POR EXTRUSIÓN PARA CONDICIONES ÓPTIMAS**

<b>PESO NETO CAFÉ (g)</b>	508.00
<b>PESO NETO ACEITE (g)</b>	63.6002
<b>% PESO ACEITE</b>	12.5201

Fuente: Elaboración propia

**5.1.3 Resultados de extracción de aceite de café por el método de arrastre de vapor.**

En el cuadro N° 5.5 se muestra el porcentaje de aceite extraído con por el método de arrastre de vapor y se puede observar que la cantidad de aceite extraído por este método es mínima por lo que es descartado.

**CUADRO N°5.5**  
**PORCENTAJE DE ACEITE DE CAFÉ RECUPERADO POR EL**  
**MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR**

<b>PESO NETO CAFÉ (g)</b>	800.00
<b>PESO NETO ACEITE (g)</b>	0.2001
<b>% PESO ACEITE</b>	0.0250

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Análisis Fisicoquímicos del aceite de café

Con el objeto de determinar las características fisicoquímicas del aceite de café y determinar la seguridad de su uso a nivel cutáneo se han desarrollado los análisis y llegado a los siguientes resultados:

### 5.2.1 Resultados de la determinación de humedad del aceite de café

En el cuadro 5.6 se muestran los resultados de la humedad de aceite de café, obteniéndose un promedio de 0.30% de humedad.

**CUADRO N° 5.6**  
**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL ACEITE**  
**DE CAFÉ**

Muestra	Vaso(g)	Peso Aceite(g)	Vaso + aceite seco (g)	%Humedad
1	107.4801	5.0014	112.4611	0.41
2	107.5004	5.0003	112.4895	0.22
3	107.4908	5.0025	112.4795	0.28
<b>Promedio</b>	<b>107.4904</b>	<b>5.0014</b>	<b>112.4767</b>	<b>0.30</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Resultados de la determinación del porcentaje de cenizas en el aceite de café

En el cuadro N° 5.7 en la página 121 se muestran los porcentajes de ceniza del aceite de café obteniéndose un promedio de 0.39%.

**CUADRO N°5.7**  
**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE**  
**CENIZAS EN EL ACEITE DE CAFÉ**

Muestra	Crisol (g)	Peso Aceite (g)	Crisol + cenizas (g)	%Ceniza
1	18.8007	5.0022	18.8201	0.39%
2	18.8205	5.0015	18.8414	0.42%
3	18.8184	5.0016	18.8368	0.37%
<b>Promedio</b>	18.8132	5.0018	18.8328	0.39%

Fuente: Elaboración propia

**5.2.3 Determinación del porcentaje de impurezas insolubles en el aceite de café**

En el cuadro N° 5.8 se muestran los resultados de porcentaje de impurezas insolubles en el aceite de café con un promedio igual a 2.15%.

**CUADRO N° 5.8**  
**RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE IMPUREZAS INSOLUBLES EN**  
**EL ACEITE DE CAFÉ**

Muestra	Crisol (g)	Aceite (g)	Crisol + impurezas (g)	%Impurezas
1	29.9707	5.0085	30.0805	2.19%
2	29.9799	5.0078	30.0874	2.15%
3	29.9801	5.0082	30.0865	2.12%
<b>Promedio</b>	29.9769	5.0082	30.0848	2.15%

Fuente: Elaboración propia



#### 5.2.4 Determinación el porcentaje de acidez libre del aceite de café

En el cuadro N° 5.9 se muestra el porcentaje de acidez libre como ácido oleico obteniéndose un resultado de 4.92%.

**CUADRO N° 5.9**

#### **PORCENTAJE DE ACIDEZ LIBRE EN EL ACEITE DE CAFÉ**

<b>Muestra</b>	<b>Volumen Titulado De NaOH (ml)</b>	<b>Aceite (g)</b>	<b>%Acidez Libre (Ácido Oleico)</b>
<b>1</b>	4.52	2.5069	5.0845
<b>2</b>	4.14	2.5062	4.6583
<b>3</b>	4.46	2.5049	5.0210
<b>Promedio</b>	4.37	2.5060	4.9213

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.5 Determinación del índice de saponificación del aceite de café

En el cuadro N° 5.10 en la página 123 se muestran los resultados del índice de saponificación del aceite de café obteniéndose un promedio de 133.81.

**Cuadro N°5.10**

**Resultados del Índice de saponificación del aceite de café**

<b>Muestra</b>	<b>Volumen Titulado DE HCl (ml)</b>	<b>Volumen Titulado De HCl En El Blanco (ml)</b>	<b>Aceite (g)</b>	<b>Índice De Saponificación</b>
<b>1</b>	26.5	50.4	5.0036	133.9825
<b>2</b>	26.3	50.4	5.0013	135.1659
<b>3</b>	26.8	50.4	5.0034	132.3060
<b>Promedio</b>	26.53	50.4	5.0028	133.8180

Fuente: Elaboración Propia

**5.2.6 Determinación de la densidad relativa del aceite de café**

En el cuadro N° 5.11 se muestran los resultados de la humedad relativa del aceite de café, obteniéndose un promedio de 0.9526.

**CUADRO N° 5.11**

**RESULTADOS DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE DE CAFÉ**

<b>Muestra</b>	<b>Picnómetro (g)</b>	<b>Picnómetro + Agua (g)</b>	<b>Picnómetro + Aceite (g)</b>	<b>Densidad Relativa</b>
<b>1</b>	22.9291	47.9852	46.7935	0.9524
<b>2</b>	22.9268	47.9706	46.7920	0.9529
<b>3</b>	22.9274	47.9804	46.7916	0.9525
<b>Promedio</b>	22.9278	47.9787	46.7924	0.9526

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.7 Determinación del pH del aceite de café

En el cuadro N° 5.12 se muestran los resultados de las lecturas del pH del aceite de café, obteniéndose un promedio de 4.7633.

**CUADRO N° 5.12**

#### **RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE pH DEL ACEITE DE CAFÉ**

	<b>LECTURA 1</b>	<b>LECTURA 2</b>	<b>LECTURA 3</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>pH</b>	4.76	4.76	4.77	4.7633

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3 Resultados de la composición de las diferentes formulaciones de la crema protectora solar utilizando aceite de café.

Se han desarrollado las cantidades de componentes indicadas en el cuadro N°5.13 en la página 125, las cuales llevaron a tener la consistencia aceptable de la crema protectora solar utilizando aceite de café. Se varió la cantidad de aceite de café para determinar el porcentaje óptimo de aceite de café en la crema protectora solar para un máximo factor de protección solar.

**CUADRO N° 5.13**

**COMPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ**

FÓRMULA DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR CON VARIACIÓN EN PESO DE ACEITE DE CAFÉ												
COMPONENTE	BASE	FORMULA 1	FORMULA 2	FORMULA 3	FORMULA 4	FORMULA 5	FORMULA 6	FORMULA 7	FORMULA 8	FORMULA 9	FORMULA 10	FORMULA 11
TIO2 (g)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACIDO ESTEARICO (g)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ACEITE DE CAFÉ (g)	0	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5
OXIDO DE ZINC (g)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GLICERINA (g)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
PROPILEN GLICOL (g)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL (g)	8.5	9.1	9.2	9.4	9.6	9.8	10	10.2	10.4	10.6	10.8	11
PORCENTAJES DE COMPONENTES EN LA CREMA PROTECTORA SOLAR BASE Y UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ												
COMPONENTE	BASE	FORMULA 1	FORMULA 2	FORMULA 3	FORMULA 4	FORMULA 5	FORMULA 6	FORMULA 7	FORMULA 8	FORMULA 9	FORMULA 10	FORMULA 11
% TIO2	11.76%	11.11%	10.87%	10.64%	10.42%	10.20%	10.00%	9.80%	9.62%	9.43%	9.26%	9.09%
% ACIDO ESTEARICO	23.53%	22.22%	21.74%	21.28%	20.83%	20.41%	20.00%	19.61%	19.23%	18.87%	18.52%	18.18%
% ACEITE DE CAFÉ	0.00%	5.56%	7.61%	9.57%	11.46%	13.27%	15.00%	16.67%	18.27%	19.81%	21.30%	22.73%
% OXIDO DE ZINC	11.76%	11.11%	10.87%	10.64%	10.42%	10.20%	10.00%	9.80%	9.62%	9.43%	9.26%	9.09%
% GLICERINA	41.18%	38.89%	38.04%	37.23%	36.46%	35.71%	35.00%	34.31%	33.65%	33.02%	32.41%	31.82%
% PROPILEN GLICOL	11.76%	11.11%	10.87%	10.64%	10.42%	10.20%	10.00%	9.80%	9.62%	9.43%	9.26%	9.09%
% TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

#### 5.4 Resultados del factor de protección solar del aceite de café

Se ha determinado el factor de protección solar con el método espectrofotométrico de Mansur (véase anexo 02) mediante el cual y a través de 5 ensayos se obtuvo un factor de protección solar promedio de 30.19, las absorbancias para longitudes de onda en el rango de 290 a 320nm se muestran en el cuadro N° 5.14.

**CUADRO N° 5.14**  
**FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR DEL ACEITE DE CAFÉ**

<b>FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR DEL ACEITE DE CAFÉ</b>						
<b>ABSORBANCIAS</b>						
$\lambda$	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	4.4198	4.5836	4.5391	4.4756	4.4510	4.4938
295	3.6183	3.6183	3.6352	3.6303	3.6287	3.6262
300	3.2033	3.2244	3.2058	3.2007	3.2143	3.2097
305	2.9721	2.9686	2.9849	2.9759	2.9797	2.9762
310	2.6778	2.6964	2.6960	2.7054	2.6912	2.6934
315	2.5014	2.5179	2.5184	2.5152	2.5189	2.5144
320	2.4599	2.4713	2.4747	2.4770	2.4726	2.4711
	<b>FPS</b>					
	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPS promedio
	30.10	30.23	30.23	30.19	30.21	30.19

Fuente: Elaboración Propia.

## **5.5 Resultados del factor de protección solar (FPS) de la crema protectora solar utilizando aceite de café.**

Se ha determinado el FPS para muestras de crema protectora solar que contienen desde 0% de aceite de café hasta 22.73% de concentración en peso; el factor de protección solar se ha determinado por el método espectrofotométrico de Mansur, el cual está en función de las diferentes absorbancias correspondientes a diferentes longitudes de onda (290 a 320nm). En el cuadro 5.15 en la página 128 se observa que para la muestra 8, correspondiente a 18.27% de aceite de café, se encuentra el FPS más alto en diferentes pruebas realizadas para las diferentes concentraciones por lo que se define esta formulación para la elaboración de la crema protectora solar utilizando aceite de café. En el anexo 05 se muestran las gráficas obtenidas por el método espectrofotométrico de Mansur junto a los cuadros correspondientes a cada lectura de las gráficas.

**CUADRO N° 5.15**  
**FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR CON DIFERENTES**  
**PORCENTAJES DE ACEITE DE CAFÉ**

MUESTRA	ACEITE DE CAFÉ (%)	FPS
MUESTRA 0	0	26.25
MUESTRA 1	5.56	26.99
MUESTRA 2	7.61	27.03
MUESTRA 3	9.57	27.11
MUESTRA 4	11.46	27.37
MUESTRA 5	13.27	27.66
MUESTRA 6	15.00	28.08
MUESTRA 7	16.67	30.45
<b>MUESTRA 8</b>	<b>18.27</b>	<b>31.91</b>
MUESTRA 9	19.81	28.13
MUESTRA 10	21.30	30.64
MUESTRA 11	22.73	30.02

Fuente: Elaboración Propia.

**5.5.1 Determinación del pH y el FPS de la crema protectora solar utilizando aceite de café a 0, 30 y 60 días.**

Para verificar la estabilidad de la crema protectora solar utilizando aceite de café se han desarrollado análisis a 0, 30 y 60 días, en el cuadro N° 5.16 en la página 129 se muestran los resultados de las diferentes lecturas del pH y en el cuadro N° 5.17 en la página 129 se muestran los diferentes resultados del FPS a 0, 30 y 60 días respectivamente.

**CUADRO N° 5.16**

**RESULTADOS DEL pH DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR  
UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ A 0, 30 Y 60 DÍAS**

	<b>0 DÍAS</b>	<b>30 DÍAS</b>	<b>60 DÍAS</b>
<b>pH</b>	6.05	6.04	6.03

Fuente: Elaboración Propia.

**CUADRO N° 5.17**

**RESULTADOS DEL FPS DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR  
UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ A 0, 30 Y 60 DÍAS**

	<b>0 DÍAS</b>	<b>30 DÍAS</b>	<b>60 DÍAS</b>
<b>FPS</b>	31.91	31.83	31.82

Fuente: Elaboración Propia.



## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Contratación de hipótesis con los resultados

En contraste con la hipótesis planteada se demostró que al hacer que el aceite de café forme parte de la composición de una crema protectora solar, se cumplan con las características técnicas puesto que se obtuvo un factor de protección solar (FPS) de 31.91, lo que significa que en base a estudios de protectores solares según Cedlabs y la Asociación Americana de Dermatología (2012) se recomienda utilizar una crema protectora solar de FPS = 30 por proteger aproximadamente un 97% de la radiación UVB, la crema obtenida mediante la presente investigación cumple con proteger de la radiación ultravioleta por tener un FPS mayor a 30.

En un análisis preliminar con ayuda de un uveómetro se determinó que el aceite de café presentaba 400nm de filtro UV y en el análisis espectrofotométrico se encontró un valor de 30.19, lo que ratifica que el aceite de café contiene componentes de filtro solar.

En el análisis espectrofotométrico de la crema protectora solar se ha notado un incremento del factor de protección solar desde FPS=26.25 para la crema protectora solar sin aceite a un FPS = 31.91 cuando

**CUADRO N° 6.1**

**COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE DE  
CAFÉ CON OTROS ACEITES**

<b>Aceite/grasa</b>	<b>Índice de Saponificación</b>
Manteca de Cacao	137
Aceite de almendras	136
Aceite de Soja	135
Aceite de Girasol	134
Aceite de Palta	133
Aceite de Sésamo	133
Aceite de germen de trigo	132
Aceite de Risino	128
Manteca de Karité	128

Fuente: Control de Calidad de aceites vegetales por Q.F. Marilú Soto  
Vásquez

**CUADRO N° 6.2**

**ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE DE CAFÉ**

<b>Aceite/grasa</b>	<b>Índice de Saponificación</b>
Aceite de café	133

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa el índice de saponificación del aceite de café se encuentra dentro de los parámetros promedio de muchos otros aceites vegetales que también se les da aplicación cosmética.

- b) En otros estudios se ha determinado el factor de protección solar de aceites extraídos de algunos otros productos naturales, en una publicación de la revista eHow en español se realizó un resumen de factores de protección solar de diferentes aceites vegetales; en el cuadro N° 6.3 se muestran los factores de protección solar de algunos aceites naturales y en el cuadro N° 6.4 en la página 134 se muestra el FPS del aceite de café.

**CUADRO N° 6.3**

**FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR DE ACEITES NATURALES**

ACEITE	FPS
SEMILLAS DE FRAMBUESA	28 - 50
SEMILLAS DE ZANAHORIA	38 - 40
GERMEN DE TRIGO	20
SOJA	10
MACADAMIA	6
JOJOBA	4
PALTA	4
COCO	2

Fuente: EHow en español.

### CUADRO N° 6.4

#### FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR DEL ACEITE DE CAFÉ

ACEITE	FPS
CAFÉ	30.19

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro N° 6.4 el aceite de café presenta un FPS que se encuentra entre los más altos de los aceites naturales.

- c) Se han caracterizado algunos otros aceites vegetales donde se corrobora que los valores obtenidos para el aceite de café son similares a los parámetros de estos otros aceites.

### CUADRO N°6.5 CARACTERIZACIÓN DE ACEITES VEGETALES

Aceite vegetal	Densidad específica (g/cm <sup>3</sup> )	Índice de saponificación	FPS	Color	Olor
Aceite de jojoba	0.861	88	6.022	Amarillo dorado	Nuez
Aceite de oliva	0.910	190	9.285	Amarillo verdoso	Agradable
Aceite de semillas de zanahoria	0.917	173.91	18.80	Marrón amarillento	Picante y almizcle
Aceite de germen de trigo	0.9257	191.22	22.4	Ámbar marrón	Pesado

Fuente: Joytsna A. Saonere Suryawanshi. Revista Internacional de Investigación en Farmacología.

### CUADRO N°6.6

#### CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE CAFÉ

Aceite vegetal	Densidad específica (g/cm <sup>3</sup> )	Índice de saponificación	FPS	Color	Olor
Aceite de café	0.9526	133.82	30.19	Marrón oscuro	Café

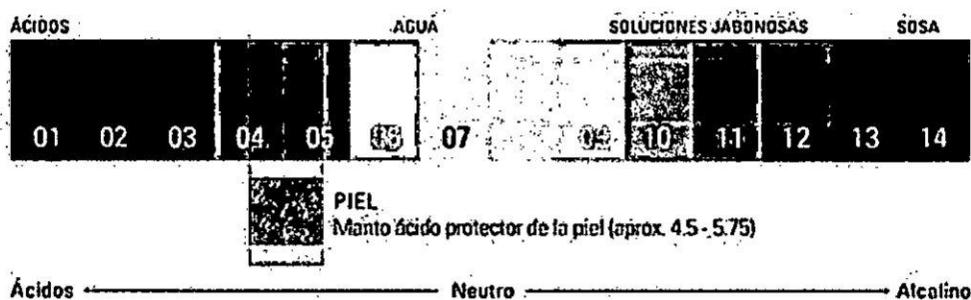
Fuente: Elaboración propia

Con los datos de los cuadros N°6.5 en la página 134 y el cuadro N° 6.6 se puede hacer una comparación de los resultados obteniendo como resultado la similitud entre el aceite de café y otros aceites.

- d) Se ha determinado el pH del aceite de café y crema protectora solar donde el pH del aceite es de 4.76 y de la crema protectora solar es 6.05, ambos resultados garantizan su uso cosmético pues el pH de la piel tiene naturaleza ácida debido a que actúa como defensa frente a organismos tóxicos, sus valores de pH oscilan entre 4.5-5.75 llegando hasta valores de 6 en los adultos y 7 en bebés.

### GRAFICO N° 6.2

#### REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS VALORES FISIOLÓGICOS DE PH DE LA PIEL EN LA ESCALA GENERAL DE PH



Fuente: Eucerin

### **6.2.2 Análisis de las características fisicoquímicas de una crema protectora solar utilizando aceite de café**

No se han reportado investigaciones de cremas protectoras solar utilizando aceite de café.

## VII. CONCLUSIONES

- a) Se encontró que la concentración de 18.27% de aceite de café en la crema protectora solar brinda un FPS de 31.91; para concentraciones mayores de aceite de café en la crema se observa una oscilación del FPS por debajo de 31.91, siendo por lo tanto ésta la concentración óptima de aceite de café en la crema protectora solar para obtener el máximo FPS.
- b) El FPS de la crema protectora solar base es de 26.25, al adicionar el aceite de café con FPS de 30.19 se obtuvo un FPS de 31.91, lo que se traduce en un incremento de 21.56% otorgado por el aceite de café.
- c) La crema protectora solar utilizando aceite de café representa una protección alta puesto que se considera que a partir del FPS 30 el porcentaje de absorción de la radiación UV es mayor al 97%.
- d) Las características físicas y químicas del aceite de café tales como acidez libre 4.92%, índice de saponificación 133.82, cenizas al 0.39%, impureza insolubles 2.15% representan valores considerados dentro de los rangos alimenticios y de uso cosmético que garantizan su uso seguro en la formulación de crema protectora solar, además de sus características sensoriales como olor y color agradables.
- e) La obtención del aceite de café por el método de extrusión se realizó a diferentes temperaturas y grados de tueste, siendo a la temperatura de 180°C y grado semitostado los parámetros que determinaron la mayor

eficiencia de este método. Se obtuvo una eficiencia de 17% por el método soxhlet pero fue descartado por dejar residuos de hexano en el aceite extraído lo cual no es favorable para uso cosmético por el fuerte olor y la toxicidad que representa. El método de arrastre por vapor fue seguro pero no resultó conveniente por obtenerse una eficiencia mínima de 0.025%.

- f) La crema protectora solar utilizando aceite de café presenta una buena estabilidad por los estudios realizados a los 0, 30 y 60 días donde se observa que el pH desciende en 0.01 por cada 30 días, lo que es una caída mínima del pH de la crema, además la textura y las características sensoriales se mantienen.
- g) En pruebas de aplicación directa sobre la piel para personas que voluntariamente se ofrecieron a estos ensayos no se observaron reacciones alérgicas ni cualquier afección sobre la piel, esto se debe a que se utilizaron insumos utilizados frecuentemente en estos protectores y que son considerados cosméticamente seguros.



## VIII. RECOMENDACIONES

- a) La torta de café, producto de la extrusión del grano, queda libre de aceites que elevan los niveles de colesterol en los humanos, por tal motivo se recomienda considerar la torta no como un desecho sino como un subproducto para consumo como café desgrasado.
  
- b) Las muestras de aceites extraídas por el método de extrusión deben ser conservadas en recipientes de vidrio a fin de evitar su contaminación o descomposición para los análisis posteriores.
  
- c) El grado de molido del café semitostado influye en la extracción del aceite, cuanto más fino mayor será la superficie de contacto con la fuente de calor, ocasionando que se quemem múltiples partículas que contaminan el aceite extraído. Es por ello que se recomienda adoptar un grado de molido grueso para reducir las impurezas.
  
- d) Se recomienda realizar estudios posteriores a fin de mejorar la formulación de la crema protectora solar de acuerdo a cada tipo de piel, considerando también su presentación para el mercado.
  
- e) Se sugiere realizar investigaciones futuras al aceite de café con el fin de elaborar otros productos cosméticos o alimenticios que permitan aprovechar sus propiedades aun no conocidas en el mercado.

- f) Se recomienda realizar las mezclas de la crema protectora solar en baño maría y constante agitación para facilitar su homogenización puesto que algunos insumos como el ácido esteárico y los filtros solares son poco solubles a temperatura ambiente.
- g) Se recomienda realizar una adecuada filtración para el análisis de muestras con el método espectrofotométrico de Mansur para evitar la presencia de sólidos en suspensión, pues en las lecturas en el espectrofotómetro éstos pueden interferir dando resultados incorrectos.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andreu Raurich: Fotobiología práctica: preguntas y respuestas, Blatt Medic 2004. **Guía Práctica del Sol y los Protectores Solares.** Sol y Protectores Solares : 22 a 23. Julio 2008.
2. ARNAUD M.J. **The Metabolism of Coffee Constituents.** Switzerland.Raven Press Publications. 1993.
3. ATENCIO ALVITES Violeta María. **Procesos y Control de Calidad en los Productos BRILLANT Cosmetológicos - Artísticos de LACOVAT E.I.R.L.** Tesis de Ingeniero. Callao. Universidad Nacional del Callao. 2003.
4. BENITO SULLCA, José. **Resultados de la Intervención.** Centro Piloto de Investigación Adaptativa y Capacitación de Café en la Región San Martín. : 8 a 10. Octubre 2010.
5. International Coffee Organization. **Desempeño Comercial del café.** Desempeño Comercial de las Empresas Promovidas por el Desarrollo Alternativo. : 35 a 42. Junio 2013.
6. CASTAÑEDA PÁRRAGA, Enrique. **Manual Técnico cafetalero.** Lima. Editorial Libertad. 1997.
7. CEDLABS, **¿Qué sabemos acerca de “Protección Solar”?**. Disponible en: [www.cedlabs.com/wp-content/uploads/2013/09/Protocolo FPS.pdf](http://www.cedlabs.com/wp-content/uploads/2013/09/Protocolo_FPS.pdf). Artículo web. Consultado el 15 de agosto de 2015.
8. CLARKE. R. **Formely of General Foods Ltd.** Coffee Chemistry. Vol 1: 10 a 15. 1985.

9. DIRECCIÓN GENERAL DE EPIDEMIOLOGÍA. **La fotoprotección en la prevención del cáncer de piel.** *Boletín Epidemiológico*. Vol. 22: 197 a 198. Marzo de 2013.
10. DÍAZ POVEDA, Vanessa, VASQUEZ OREJARENA, Eva. **Determinación de la composición y la capacidad antioxidante de aceites obtenidos por extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico de granos de café con diferente grado de tosti3n.** Tesis de ingeniero. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2011.
11. ECOCOSAS. **Protector solar natural y hecho en casa.** Disponible en: <http://ecocosas.com/salud-natural/protector-solar-natural/>. Artículo web. Consultado el 20 de enero del 2014.
12. ECOCOSAS. **Protector solar natural y hecho en casa.** Disponible en: <http://ecocosas.com/salud-natural/protector-solar-natural/>. Artículo web. Consultado el 20 de enero del 2014.
13. EHow en español. **Aceites Naturales que contienen.** Disponible en: [http://www.ehowenespanol.com/aceites-naturales-contienen-fps-lista\\_75324/#pg=8](http://www.ehowenespanol.com/aceites-naturales-contienen-fps-lista_75324/#pg=8) Artículo web. Consultado el 22 de Marzo del 2015.
14. Eucerin. **pH de la piel.** Disponible en: <http://www.eucerin.es/acerca-de-la-piel/conocimientos-basicos-sobre-la-piel/pH-de-la-piel>. Artículo web. Consultado el 02 de Abril del 2016.
15. FAGRON IBERICA S.A.U. **Formulaciones Hipoalérgicas y libres de perfume.** *Fórmulas Antisolares*. :1 a 2. 2010.

**16. FOODS AND DRUGS ADMINISTRATION. FDA Issues More Descriptive Norms on Sunscreens.** Disponible en:

<http://www.medstorerx.com/news/fda-issues-more-descriptive-norms-on-sunscreens.aspx> . Artículo Web. Consultada el 29 de mayo de 2014.

**17. FORMOSO, Permuy Antonio. 2000 Procesos Industriales.** La Coruña.

Editorial Selecciones Gráficas. Segunda Edición. 1972.

**18. HOLMAN, Herbert. Here Comes the Sun. *Your Health*.** : 8 a 9. Junio 2008.

**19. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KMNI) / European Space Agency (ESA). UV index forecast and archives.** Disponible en:

<http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html>. Consultada el 07 de abril de 2016.

**20. INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA. Informe sobre la Actividad Cafetalera de Costa Rica.** San José. 2012.

**21. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. cáncer de piel y radiación solar: experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cáncer de piel y melanoma. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*.** Vol. 3: 113 a 117. Marzo 2013.

**22. Johnson y Johnson Vision Care. Espectro de Radiaciones Ultravioletas.** Disponible en:

<https://www.injvisioncare.es/education/uv-and-contact-lenses/uv-damage>. Artículo web. Consultada el 28 de diciembre 2015.

23. LIGA PERUANA DE LUCHA CONTRA EL CÁNCER. Disponible en: <http://www.ligacancer.org.pe/inicio/60-noticiashome/199-limenos-radiacion-alta.html> . Artículo web. Consultada el 25 de diciembre de 2013.
24. LIM, Henry y DRAELOS, Zoe. **Clinical Guide to Sunscreens and Photoprotection**. Estados Unidos. 2009.
25. MILACHAY, Yuri y ARRASCUE, Lily. **Módulo de Ciencia, Tecnología y Ambiente**. *Investiguemos Vol. 1*: 60 a 65. 2012.
26. JOYTSNA A. SAONERE SURYAWANSHI. **In-Vitro determination of sun protection factor and evaluation of herbal oils**. Vol. 6: 37 a 43. Febrero 2016
27. JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ. **La importancia de la Caficultura y el Sector Cafetalero**. *Propuesta de Incremento de Productividad para la Caficultura Peruana*. : 3 a 7. Febrero 2011.
28. KIRK, Raymond. **Enciclopedia de Tecnología Química**. México. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana. Primera Edición. 1961.
29. LOPEZ FONTAL, Elkin Mauricio. **Extracción de Aceite de Café**. *Ingeniería e investigación de la Universidad Nacional de Colombia*, Vol. 27: 25-31. Bogotá. Abril 2007.
30. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PORTAL AGRARIO. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/caf%C3%A9/generalidades-del-producto?limitstart=0>. Artículo web. Consultada 17 de enero de 2014.

31. MINISTERIO DE AGRICULTURA. **Historia de Café**, disponible en: <http://minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/café/generalidades-del-producto>. Artículo web. Consultada 18 de junio de 2015.
32. MINISTERIO DE SALUD (MINSA). **Vigilancia Epidemiológica de Cáncer en el Perú**, en *Análisis de la situación del cáncer en el Perú 2013*. 36 a 40. Noviembre 2015.
33. MINSA/ SOCIEDAD PERUANA DE DERMATOLOGÍA. **Cada año se diagnostican más casos de cáncer de piel**. Disponible en: <http://elcomercio.pe/lima/ciudad/cada-ano-se-diagnostican-mas-casos-cancer-piel-noticia-1708295>. Artículo web. Consultada el 25 de Marzo 2014.
34. MOLINERO MERINO, Laura, **Producción de Monoglicéridos por Esterificación de Glicerina con Ácidos Cinámicos y P-Metoxicinámicos**, Tesis Doctoral. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. 2013.
35. MONTES, E. R. **Recuperación de Volátiles de la Tostación y Extracción para el enriquecimiento del aceite extraído del café**. Tesis Ingeniero. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 1987.
36. MORGAN CHUMBE Ángela Gabriela, GÁLVEZ CCOPA Sonia Graciela, VALENCIA RIVERO Saraí Mireya, PRIETO RÍOS Piero Roberto. **Comercialización de Café Orgánico Awajún de las Provincias de Moyobamba y Rioja**. Tesis de ingeniero. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2011.

37. OMS, OMM, UNEP, NIRP. **Índice UV Solar Mundial.** Índice UV Solar

Mundial – Guía Práctica. : 4 a 5. Abril 2003.

38. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Las radiaciones UV y la salud humana.** Disponible en:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs305/es/> . Consultada el 12 de Mayo de 2014.

39. PELLE, Edward y ANDERSON, Jon. **Composición Tópica y Método para Mejorar la Síntesis de Barrera Lipídica.** Patente Europea 2 248855.: 2 a 6. Abril 2008.

40. PEREZ MOSSO, María. **Crecimiento del Mercado Peruano de Cosmética e Higiene Personal. El Mercado de los Cosméticos y la Perfumería en el Perú.** : 10 a 15. Febrero 2011.

41. PERRY, ROBERT. **Manual del Ingeniero Químico.** México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana de S.A. Sexta Edición. 1992.

42. PRIETO DUARTE, Yenni Alexandra, **Caracterización Física del Café Semitostado.** Tesis de Ingeniero. Bogotá. Universidad de América. 2002.

43. RAMIREZ OVALLE, Lourdes María. **Evaluación del Rendimiento de Extracción y Caracterización del Aceite Fijo de Café Tostado Tipo Genuino Antigua Obtenido por el Proceso de Prensado.** Tesis de Ingeniero. Guatemala. Universidad San Carlos. 2008.



**44. SANCHEZ MONTOYA, Virginia. Elaboración de Protectores Solares.** Valparaíso. Universidad de Valparaíso. 2011.

**45. SENAMHI. Perú es el país con mayor radiación solar en el mundo.** Disponible en: <http://larepublica.pe/sociedad/731827-peru-es-el-pais-con-mayor-radiacion-solar-en-el-mundo>. Consultada el 25 de octubre de 2015.

**46. SENAMHI. Pronóstico de radiación ultravioleta para el 21 marzo de 2016.** Disponible en:  
<https://www.facebook.com/senamhiperu/photos/a.10150443998920057.631397.10150096897380057/10156656709420057/?type=3&theater>  
Consultada el 22 de marzo de 2016.

**47. SENAMHI. Índice de radiación ultravioleta en lima metropolitana, promedio y máximo 2010 - 2014.** Disponible en:  
<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/climate-change/>.  
Consultada el 22 de octubre de 2015.

**48. SIVETZ, Michael. Coffee Processing Technology.** Connecticut. The Avi Publishing Company. Volume One. 1963.

**49. SORDO, Carlos y GUTIERREZ, Cesar. Epidemiología del Cáncer de Piel en el Perú.** *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública.* Vol. 30: 113 a 115. Enero 2013.

**50. Soto Vasquez, Marilú Roxana. Control de calidad de aceites vegetales.** Disponible en:  
<http://es.slideshare.net/maryluz/control-de-calidad-de-aceites-vegetales-por-qf-maril-roxana-soto-vsquez>. Consultada el 12 de Marzo de 2016.

**51. STOGNIEW, Jilian. The Wellness Family. Sunblocks and Sunscreens.**

1 a 2. 2011.

**52. TURATTI, Jane M. Extracción y caracterización del aceite de café.** Brasilia. Embrapa Café. 1533 a 1539. 2001.

**53. WITTCOFF Haroult A. Productos Químicos Orgánicos Industriales.**

México. Limusa Noriega Editores. Primera Edición. 1972.

**54. Y. Gilaberte, S. González.** Novedades en fotoprotección, en Actas Dermo-Sifiliográficas- España. Vol. 101 Núm.08. 659 al 672. Octubre 2010.

**ANEXOS**

# ANEXO N°01

## MATRIZ DE CONSISTENCIA FORMULACIÓN DE UNA CREMA PROTECTORA SOLAR UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p><b>Problema general</b> ¿Tendrá el aceite de café un aporte significativo en el incremento del factor de protección solar para la formulación de una crema protectora solar?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Desarrollar la fórmula de una crema protectora solar utilizando aceite de café.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> Debido que el aceite extraído del café contiene filtros solares, se obtendrá una crema protectora solar que cumpla con las características técnicas requeridas para una adecuada protección solar de las personas.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Y= Formulación de una crema protectora solar utilizando aceite de café.</p>	<p><b>Tipo</b> El tipo de investigación utilizada es de tipo científica, dentro de este marco obtendremos información relevante y fidedigna.</p>	<p>Debido a que la población es pequeña, se podrán analizar todas las muestras que estarán conformadas por los ensayos que se realizarán con el aceite de café a diferentes grados de tueste y concentraciones con respecto a la cantidad de crema protectora solar.</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿Cuáles son las características físicas y químicas del aceite de café?</p> <p>b) ¿Cuál es la concentración óptima del aceite de café para incrementar el factor de protección UV en una crema protectora solar?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Determinar las características físicas y químicas del aceite de café.</p> <p>b) Determinar la concentración óptima del aceite de café para incrementar el factor de protección UV en una crema protectora solar.</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) Debido a que aceite de café contiene componentes de filtro solar, ofrecerá protección contra la alta incidencia de radiación UV.</p> <p>b) Debido a que la concentración de aceite de café es óptima, se obtendrá una crema protectora solar con un mayor factor de protección UV.</p>	<p><b>Variables Dependientes</b></p> <p>X = Las características físicas y químicas del aceite de café.</p> <p>Z = La concentración óptima del aceite de café para incrementar el factor de protección UV en una Crema protectora solar.</p>	<p><b>Método</b> Correlacional</p> <p><b>Diseño de la Investigación</b> Experimental.</p>	

RELACIÓN DE VARIABLES:  $Y = f(X, Z)$

## ANEXO 02

Recibido el 25-02-2014  
Aprobado el 03-03-2014

65

### ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FOTOPROTECTORA *in vitro* DE UNA LOCIÓN Y GEL ELABORADOS CON EXTRACTO ESTABILIZADO DE CAMU CAMU (*Myrciaria dubia* Kunth.)

Miguel Ángel Inocente Camones<sup>1\*</sup>, Gloria Eva Tomas Chota<sup>3</sup>, Juana Huamán Malla<sup>3</sup>, Ana María Muñoz Jáuregui<sup>4</sup>, Rosa Isabel García Morán<sup>2</sup>, Glorinda Quispe Fuentes<sup>2</sup>, Christian Jesús Palomino Pacheco<sup>1</sup>, Evelyng Del Rosario Taype Espinoza<sup>2</sup>.

#### RESUMEN

Esta investigación tuvo como finalidad evaluar la capacidad antioxidante y fotoprotectora de una loción y un gel elaborados con extracto estabilizado de los frutos de camu camu (*Myrciaria dubia* Kunth). Se realizó los controles de calidad fisicoquímica, microbiológica y estabilidad a condiciones normales y aceleradas, lo cual permitió elaborar parámetros iniciales para los protectores solares con extracto de camu camu. Se determinó la actividad antioxidante por el método de DPPH y ABTS, valores de 876,729  $\mu\text{mol Trolox/g camu camu}$  para el gel y 1389,650  $\mu\text{mol Trolox/g camu camu}$  para la loción (método DPPH) y valores de 15,330  $\text{mmol Trolox/g camu camu}$  para el gel y 23.384  $\text{mmol Trolox/g camu camu}$  para la loción (método ABTS). El FPS de las formulaciones se determinó mediante un método *in vitro* desarrollado por Mansur. Se obtuvo valores de  $10,897 \pm 0,298$  para el gel y  $13,401 \pm 0,319$  para la loción.

**Palabras clave:** *Myrciaria dubia* Kunth., capacidad fotoprotectora, capacidad antioxidante, loción, gel, extracto estabilizado.

### ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHOTOPROTECTIVE *in vitro* OF LOTION AND GEL PROCESSED WITH EXTRACT STABILIZED OF CAMU CAMU (*Myrciaria dubia* Kunth.)

#### ABSTRACT

In this research was to evaluated the antioxidant and photoprotective capacity of a lotion and a gel made with stabilized extract of the fruits of camu camu (*Myrciaria dubia* Kunth). Quality controls physicochemical, microbiological and stability to normal and accelerated conditions were performed, which allowed to develop initial parameters sunscreens extract of camu camu. Antioxidant activity by DPPH and ABTS method, values of 876.729  $\mu\text{mol Trolox/g camu camu}$  for gel and 1389.650  $\mu\text{mol Trolox/g camu camu}$  for lotion was determined (DPPH method) and values of 15.330  $\text{mmol Trolox/g camu camu}$  for gel and 23.384  $\text{mmol Trolox/g}$

<sup>1</sup> Maestría de productos Naturales y Biocomercio. Facultad de Farmacia y Bioquímica. UNMSM.

<sup>2</sup> AYRU COSMETIC SAC. Departamento de Investigación y Desarrollo. Av. Gerardo Unger 6322. Urb. Santa Luzmila. Comas.

<sup>3</sup> Laboratorio de Productos Naturales. Facultad de Química e Ingeniería Química. UNMSM. Av. Germán Amézaga 375. Cercado de Lima. Lima. Perú.

<sup>4</sup> Escuela Académico Profesional de Ciencias de los Alimentos. Facultad de Farmacia y Bioquímica. UNMSM.

\* minocente@farmaceuticos.com, investigacionayru@hotmail.com

camu camu for lotion (ABTS method). The SPF of the formulations was determined by an in vitro method developed by Mansur.  $10.897 \pm 0.298$  values were obtained for the gel and  $13.401 \pm 0.319$  for lotion.

**Keywords:** *Myrciaria dubia* Kunth, photoprotective capacity, antioxidant capacity, lotion, gel, stabilized extract. 6322. Urb. Santa Luzmila. Comas.

### INTRODUCCIÓN

Se ha desarrollado numerosos estudios sobre el efecto de los antioxidantes en la prevención del eritema cutáneo, aunque el espectro de acción de los antioxidantes se superpone con el espectro de acción de la radiación UVA (320-400 nm), por lo que la eficacia fotoprotectora de los mismos no sólo vendrá determinada por la protección frente al eritema fotoinducido, sino también por la protección sobre los daños moleculares y sobre el ADN derivados del estrés oxidativo generado por la radiación UV. La sensibilidad del mundo científico al daño generado por el estrés oxidativo en todos los ámbitos de la salud y el hecho de que la radiación ultravioleta sea el agente más eficaz en la producción de daño cutáneo por estrés oxidativo, hace que actualmente se esté en una búsqueda permanente de sustancias antioxidantes que actúen en este ámbito tanto por vía tópica como sistémica.<sup>1</sup>

Según la normativa de la Comunidad Andina. Decisión 516, artículo 21; se puede utilizar sustancias nuevas de origen subregional que no se encuentren consideradas en los listados internacionales reconocidos, siempre y cuando un país miembro apruebe su comercialización e informe de este hecho a los demás países miembros. De esta manera se impulsa un proceso de investigación y desarrollo basado en el uso sostenible de la inmensa diversidad biológica de los países andinos<sup>2</sup>.

Racan *et al.*<sup>3</sup> desarrollaron un protector solar con líquenes ricos en ácido úsnico, con un FPS 3,4. Así, también analizaron la capacidad fotoprotectora del *Peumus boldus* y de los compuestos aromáticos de líquenes chilenos que viven en las áreas de alta incidencia de radiación ultravioleta y encontraron FPS máximo de 10 para las formulaciones producidas con los líquenes y FPS igual a 3,4 para la formulación con *Peumus boldus*. Tabriz *et al.*<sup>4</sup>, analizaron el FPS de lociones fotoprotectoras con el extracto de flor de *Rosa damascena* que presenta flavonoides en su composición. Souza *et al.*<sup>5</sup>, estudiaron los extractos de las flores y hojas de *Achillea millefolium*, planta que presenta flavonoides; sin embargo, no fueron efectivos en la preparación de un producto fotoprotector. Nascimento S. *et al.*<sup>6</sup>, estudiaron el incremento del FPS en formulaciones fotoprotectoras utilizando extractos de própolis verde y rojo, demostrando que se produce un efecto sinérgico de estos extractos con el filtro sintético empleado en una formulación, lo que se traduce en una mayor protección solar. Velasco *et al.*<sup>7</sup> evaluaron la eficacia fotoprotectora de rutina con filtros sintéticos como p-octilmetoxicinamato y bezofenona-3, llegando a la conclusión que existe sinergismo en la elevación del FPS cuando este flavonoide es asociado con filtros sintéticos en concentraciones mínimas. Casagrande *et al.*<sup>8</sup> estudiaron la quercetina, flavonoide que posee alta actividad antioxidante entre los flavonoides; demostraron que formulaciones tópicas conteniendo quercetina inhiben satisfactoriamente el daño cutáneo inducido por la radiación UVB en ratones.

Otros autores como Aquino *et al.*<sup>9</sup> evaluaron la actividad antioxidante *in vitro* y la actividad fotoprotectora *in vivo* de los extractos etanólicos de *Culcitium reflexum* que demostraron marcada efectividad como antioxidantes y fotoprotectores. Sustancias como los flavonoides del tipo kaempferol y derivados de la quercetina e hidroxicinamatos como ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico y ácido cinámico fueron relacionados en el estudio realizado por Bonina *et al.*<sup>10</sup> al demostrar la actividad antioxidante y fotoprotectora de extractos

metanólicos liofilizados de *Capparis spinosa*. Estudios en *Brunilla vulgaris* y su principal componente fenólico, el ácido rosmarínico, realizados por Psotova *et al.*<sup>11</sup>, demostraron el efecto fotoprotector del extracto dependiente de la concentración de ésta contra los cambios producidos en células queratinocíticas humanas inducidas por radiación UVA.

Los frutos de camu camu destacan por su contenido en compuestos fenólicos y vitamina C.<sup>12,13</sup> En este contexto, los frutos de *Myrciaria dubia* Kunth. representan una fuente vegetal con activos potenciales para ser usados como coadyuvante de los fotoprotectores solares, debido a su contenido de antioxidantes.

En el Perú existen escasos estudios sobre productos naturales que puedan usarse como fotoprotectores en formulaciones cosméticas. Teniendo en cuenta que el Perú es un país de extraordinaria variedad de recursos naturales, se debe aprovechar la oportunidad de desarrollar productos con valor agregado, tales como fotoprotectores naturales, que puedan brindar efectos benéficos o preventivos frente a enfermedades que puedan estar relacionadas con el exceso de exposición a la radiación solar.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el Área de Investigación y Desarrollo de AYRU COSMETIC SAC y el laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

### Muestra

El fruto de camu camu (*Myrciaria dubia* Kunth) fue colectado en la ciudad de Pucallpa, provincia Coronel Portillo, departamento de Ucayali entre los 150 y 200 msnm en el mes de enero del 2013. Se realizó la selección de frutos en buen estado, con un estado de madurez intermedio (pintonas).

### Reactivos

Etanol absoluto QP, metanol QP, agua destilada, DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), ABTS ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico), persulfato de sodio, trolox (6-hidroxi-2, 5, 7, 8 tetrametilcromo-2 ácido carboxílico 97%) Sigma, agua desionizada.

### Equipos

Espectrofotómetro UV-visible (Thermo Scientific), balanza analítica de capacidad de 1 mg - 200 g (Ohaus Pioneer), pHmetro digital HANNA HI 8424, balanza electrónica 1 mg - 200 g (OHAUS Pioneer), baño María.

### Métodos de análisis

#### Obtención y tratamiento del extracto de camu camu estabilizado

Se elaboró un extracto de camu camu estabilizado. Los frutos de camu camu fueron seleccionados para descartar la materia prima dañada que presente signos de putrefacción, partes blandas y contaminación visible. Los frutos fueron lavados y desinfectados. Luego se licuó los frutos de camu camu con cubos de hielo y una solución de ácido cítrico (5:1). Se agregó una mezcla de agentes viscosantes (AYRUEXT 21 ®) con el extracto de camu camu (1:2) y se dejó reposar en frío 8°C por 1 hora. Luego se licuó y filtró sobre una tela de nylon.

#### Desarrollo de la loción y el gel con extracto estabilizado de camu camu

##### Pre-formulación

Para la elección de la forma farmacéutica tópica y excipientes se tomó en cuenta algunos criterios, tales como factibilidad de fabricación, compatibilidad con el extracto, aspecto,

costo, estabilidad y seguridad. Tomando en cuenta estos criterios y en base a las características de formas farmacéuticas tópicas se eligió las formas de loción y gel para el desarrollo de las formulaciones.

#### Elaboración de formulaciones<sup>14,15</sup>

Se realizó ensayos de formulaciones conteniendo el 15 % de los extractos en el producto final. Así también, se ensayó métodos de incorporación de los extractos en frío. Se realizó formulaciones por cada tipo de forma farmacéutica: lociones y geles conteniendo los extractos y filtros sintéticos, para evaluar posible sinergia entre los mismos. Las tablas 1 y 2 muestran la composición final obtenida de la loción y gel, así como los placebos utilizados.

**Tabla 1.** Composición cuali-cuantitativa de las lociones.

PRODUCTO	COMPOSICIÓN (MUESTRA)	COMPOSICIÓN (PLACEBO)
Loción con 15 % de extracto de camu camu estabilizado y filtro solar	Extracto de camu camu 15 %	Filtro solar: Benzofenona 4
	Filtro solar: Benzofenona 4	Preservantes: Ácido sórbico
	Preservantes: Ácido sórbico	Excipientes: CMC, propilenglicol, etanol 20°, fragancia, agua
Loción con 15 % de extracto de camu camu estabilizado	Extracto de camu camu 15 %	Preservantes: Ácido sórbico
	Preservantes: Ácido sórbico	Excipientes: CMC, propilenglicol, etanol 20°, fragancia, agua
	Excipientes: CMC, propilenglicol, etanol 20°, fragancia, agua	

**Tabla 2.** Composición cuali-cuantitativa de geles.

PRODUCTO	COMPOSICIÓN (MUESTRA)	COMPOSICIÓN (PLACEBO)
Gel con 15 % de extracto de camu camu estabilizado y filtro solar	Extracto de camu camu 15 %	Filtro solar: Benzofenona 4
	Filtro solar: Benzofenona 4	Preservantes: Ácido sórbico
	Preservantes: Ácido sórbico	Excipientes: CMC, propilenglicol, etanol 20°, fragancia, agua
Gel con 15 % de extracto de camu camu estabilizado	Extracto de camu camu 15 %	Preservantes: Ácido sórbico
	Preservantes: Ácido sórbico	Excipientes: CMC, propilenglicol, etanol 20°, fragancia, agua
	Excipientes: CMC, propilenglicol, etanol 20°, fragancia, agua	



**Evaluación de la calidad de la loción y gel con filtro y extracto de camu camu****Análisis fisicoquímico y sensorial de la loción y el gel**

Se realizó el análisis sensorial y fisicoquímico de la loción y gel tomando en cuenta el aspecto, color y olor. El pH y viscosidad fueron determinados por MICROBIOL SA.

**Análisis microbiológico de la loción y el gel**

El análisis microbiológico fue determinado por MICROBIOL SA. Las especificaciones como límite máximo se han considerado en referencia a la Secretaría General de la Comunidad Andina, según Resolución 1482. Se ha determinado cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras como mínimo  $\leq 50 \times 10^2$  ufc/g y ausencia de *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *E. coli*.

**Evaluación de la estabilidad acelerada de la loción y el gel.**

La evaluación de la estabilidad acelerada de la loción y el gel ha sido determinada por MICROBIOL SA. La evaluación se ha determinado en condiciones normales a  $30^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$  y  $65\% \pm 5\%$  HR y condiciones aceleradas  $40^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$  y  $75\% \pm 5\%$  HR. Se evaluó el análisis organoléptico (aspecto, color, olor y consistencia), análisis fisicoquímico (pH y viscosidad a  $25^\circ \text{C}$ ) y análisis microbiológico (microorganismos aerobios mesófilos, hongos filamentosos y levaduras ufc/g).

**Determinación de la actividad antioxidante**

La actividad antioxidante de la loción y gel se determinó por el método 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) y el método ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico) (ABTS)<sup>16,17</sup>.

**Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH**

En una batería de 3 tubos se colocaron 0,1 mL de la loción, gel y Trolox, se le adicionó 3,9 mL de una solución de DPPH 0,1 mM, se homogenizó y dejó en reposo durante 30 minutos a temperatura ambiente y bajo oscuridad. Se midió la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro UV-Vis. Todos los análisis fueron realizados por triplicado (n=3).

El porcentaje de inhibición o porcentaje de decoloración fue calculado como:

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = 100 (A - B) / A$$

Donde: A: Lectura de absorbancia del DPPH

B: Lectura de absorbancia de la muestra, después de 30 min.

La concentración requerida para el 50% de inhibición del radical libre DPPH (IC) fue calculada mediante la ecuación de la gráfica de concentración del producto y trolox vs % inhibición. El blanco para calibrar el equipo fue metanol: agua (2:1). El blanco es DPPH en metanol 0,1 mM. Como control positivo se preparó una curva patrón de trolox a las mismas condiciones de análisis de la loción y gel, para comparar las IC. Los resultados se expresan en  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g de camu camu. Los resultados fueron procesados utilizando programas SPSS 21 y Microsoft Excel 2013. Todos los experimentos se realizaron por triplicado y expresados como valores promedio  $\pm$  DS.

**Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método ABTS**

Para la segunda técnica el radical ABTS<sup>18</sup> sólo es estable máximo 2 días; por tal razón se ha preparado 2 litros solución stock del ácido 2,2'-Azinobis-(3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico) (3,8 mg/mL) con persulfato de sodio (37,5 mg/mL) a temperatura ambiente ( $25^\circ \text{C}$ ). La mezcla se colocó en recipiente color ámbar y en oscuridad durante 16 horas a temperatura ambiente

hasta lograr la estabilidad del reactivo. Posteriormente se tomó 0,5 mL de la solución madre de ABTS y se enrasó a 50 mL con etanol absoluto, y se lee a 754 nm, se ajustó hasta obtener una absorbancia de  $0,70 \pm 0,02$ . Después de que la solución de ABTS alcanzó la absorbancia requerida, se tomó 3,9 mL de la solución y se mezcló con 0,1 mL de la loción y gel. Se homogenizó por 1 minuto y se midió la absorbancia a 7 minutos de reacción, a 754 nm. Se empleó las siguientes ecuaciones para obtener el % de inhibición.

$$\% \text{ inhibición de ABTS} = [1 - (A_2 - A_3)/A_1] \times 100$$

Donde:  $A_1$  = Absorbancia del ABTS en etanol  
 $A_2$  = Absorbancia de la muestra a los 7 minutos  
 $A_3$  = Absorbancia del blanco de muestra

La concentración requerida para el 50% de inhibición del radical libre ABTS (IC) fue calculada mediante la ecuación de la gráfica de concentración del extracto y trolox vs % inhibición. El blanco para calibrar el equipo fue metanol: agua (2:1). El blanco es ABTS en metanol 0,1 mM. Como control positivo se preparó una curva patrón de trolox a las mismas condiciones de análisis de la loción y gel, para comparar las IC. Los resultados se expresan en mmol de Trolox/g de producto. Los resultados fueron procesados utilizando programas SPSS 21 y Microsoft Excel 2013. Todos los experimentos se realizaron por triplicado y los resultados expresados como valores promedio  $\pm$  DS.

#### Determinación *in vitro* del Factor de Protección Solar (FPS) de la loción y gel.

El Factor de Protección Solar (FPS) de la loción y gel elaboradas se determinó siguiendo la metodología *in vitro* descrita por Mansur *et al.*<sup>19</sup> Este análisis consiste en un método espectrofotométrico en el cual la formulación se diluye en etanol absoluto hasta una concentración de 0,2 mg/mL, condición establecida por el autor para crear una correlación con el método *in vivo*. A través de la fórmula matemática desarrollada según el método, se relacionan los valores de absorbancia obtenidos de las muestras con el FPS de la formulación. El presente estudio evalúa el FPS en el rango de 290 a 320 nm (rango UVB), mas no en el rango UVA ni UVC.

Para obtener las muestras diluidas de las formulaciones (0,2 mg/mL), se pesó 1,0 g de las formulaciones y se transfirieron a un matraz aforado de 100 mL, se agrega 50 mL de etanol, se agita por 5 minutos, y luego se diluye a volumen con etanol; se homogeniza y luego se filtra descartando los primeros 10 mililitros. Una alícuota de 5,0 mL del filtrado se transfiere a un matraz aforado de 50 mL y se diluye a volumen con etanol. Luego una alícuota de 5,0 mL de la última dilución se transfiere a un matraz aforado de 25 mL y se lleva a volumen con etanol. Las absorbancias de las soluciones fueron determinadas en el rango de 290 a 320 nm, con intervalos de 5 nm utilizando una cubeta de cuarzo de 1 cm. Los análisis fueron realizados por triplicado y el FPS fue calculado de acuerdo con la ecuación desarrollada por Mansur *et al.*<sup>19</sup>:

$$\text{FPS} = \text{FC} \times \sum_{290}^{320} \text{EE}(\lambda) \times \text{I}(\lambda) \times \text{Abs}(\lambda)$$

Donde: FPS = Factor de Protección Solar  
 FC = 10 (factor de corrección)  
 EE ( $\lambda$ ) = Efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda  $\lambda$   
 I ( $\lambda$ ) = Intensidad del sol en la longitud de onda  $\lambda$   
 Abs ( $\lambda$ ) = Absorbancia de la solución en la longitud de onda  $\lambda$

La relación entre el efecto eritemogénico y la intensidad de la radiación de cada longitud de onda ( $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ ) es una constante determinada por Sayre *et al.*<sup>20</sup> (tabla 3)

**Tabla 3.** Constante determinada por Sayre et al ( $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ ).

Longitud de onda (nm)	290	295	300	305	310	315	320	TOTAL
$EE(\lambda) \times I(\lambda)$	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	1,000

Fuente: Sayre R, Desrochers D, Marlow E.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### De la evaluación de la calidad de la loción y gel con filtro y extracto de camu camu

#### Del análisis fisicoquímico y sensorial de la loción y gel

Los resultados del pH de la loción y gel (tabla 4), se encuentran en un rango de 3,0 a 5,0, lo cual indica que se encuentran en condiciones favorables para la piel humana.

Los resultados de la viscosidad demuestran la condición física de los productos, y de acuerdo a ello se enmarca a estabilidad relacionado con la consistencia.

**Tabla 4.** Resultados del análisis fisicoquímico de los protectores solares

Análisis fisicoquímico	Gel	Loción
pH (25°C)	3,38	5,04
Viscosidad cps (25°C)	457,50	5,00

#### Del análisis microbiológico de la loción y gel

Los productos han sido fabricado en condiciones sanitarias óptimas, demostrado con la ausencia de *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *E. coli*. El límite máximo permitido para los aerobios mesófilos, mohos y levaduras es  $\leq 50 \times 10^3$  ufc/g. (tabla 5)

**Tabla N° 5.** Resultados del análisis microbiológico de los protectores solares

Análisis microbiológico	Gel	Loción
Numeración de aerobios mesófilos ufc/g	< 10	37 x 10
Numeración de mohos ufc/g	< 10	< 10
Numeración de levaduras, ufc/g	< 10	48 x 10
Presencia de <i>Staphylococcus aureus</i> /g	Ausente	Ausente
Presencia de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> /g	Ausente	Ausente
Presencia de <i>Escherichia coli</i> /g	Ausente	Ausente

#### De la evaluación de la estabilidad acelerada de la loción con filtro y extracto

En las tablas 6 y 7, se observa que la loción ha mantenido el perfil microbiológico debajo del límite permitido, a condiciones normales y condiciones aceleradas.

En el caso de la viscosidad de la crema, se observa resultados parejos y equivalentes hasta el sexto mes de análisis. Para el caso del pH, los valores disminuyen con el tiempo, debido a la reducida cantidad de excipientes de la fórmula.

**Tabla 6.** Análisis de estabilidad de la loción, en condiciones normales

Parámetro	Tiempo de evaluación		
	Tiempo cero	3° mes	6° mes
<b>Organolépticos</b>			
Color	Anaranjado ligeramente turbio	Anaranjado ligeramente turbio	Anaranjado ligeramente turbio
Olor	Sui generis	Sui generis	Sui generis
Aspecto	Homogéneo	Heterogéneo	Heterogéneo
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
<b>Fisicoquímicos</b>			
pH (25°C)	5,04	4,24	4,78
Viscosidad 25°C, cps	5,00	5,00	5,00
<b>Microbiológicos</b>			
Aerobios mesófilos, ufc/g	37 X 10	< 10	< 10
Hongos filamentosos, ufc/g	< 10	< 10	< 10
Levaduras, ufc/g	48 X 10	< 10	< 10

**Tabla 7.** Análisis de estabilidad de la loción, en condiciones aceleradas

Parámetro	Tiempo de evaluación		
	Tiempo cero	3° mes	6° mes
<b>Organolépticos</b>			
Color	Anaranjado ligeramente turbio	Anaranjado oscuro ligeramente turbio	Anaranjado oscuro ligeramente turbio
Olor	Sui generis	Sui generis	Sui generis
Aspecto	Heterogéneo	Heterogéneo	Heterogéneo
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
<b>Fisicoquímicos</b>			
pH (25°C)	5,68	5,20	4,83
Viscosidad 25°C, cps	5,00	5,00	5,00
<b>Microbiológicos</b>			
Aerobios mesófilos, ufc/g	< 10	< 10	< 10
Hongos filamentosos, ufc/g	< 10	< 10	< 10
Levaduras, ufc/g	< 10	< 10	< 10

#### De la evaluación de la estabilidad acelerada del gel con filtro y extracto

En la tabla 8 y 9, se observa que el gel ha mantenido el perfil microbiológico debajo del límite permitido durante los 6 meses de análisis.

En el caso de la viscosidad del gel, se observa una disminución en el tercer mes de evaluación a condiciones normales y aceleradas; esto se debe a que la temperatura de 30° a 40° C desfavorece la consistencia del producto, por lo cual la óptima temperatura sería de 25° C. Para el caso del pH, los valores disminuyen con el tiempo, debido a la reducida cantidad de excipientes de la fórmula.

Tabla 8. Análisis de estabilidad del gel, en condiciones normales

Parámetro	Tiempo de evaluación		
	Tiempo cero	3° mes	6° mes
<b>Organolépticos</b>			
Color	Amarillo turbio	Amarillo turbio	Amarillo turbio
Olor	Sui generis	Sui generis	Sui generis
Aspecto	Homogéneo	Heterogéneo	Heterogéneo
Consistencia	Espesa	Ligeramente espesa	Ligeramente espesa
<b>Fisicoquímicos</b>			
pH (25°C)	3,38	3,22	2,89
Viscosidad 25°C, cps	457,5	137,5	77,5
<b>Microbiológicos</b>			
Aerobios mesófilos, ufc/g	< 10	< 10	< 10
Hongos filamentosos, ufc/g	< 10	< 10	< 10
Levaduras, ufc/g	< 10	< 10	< 10

Tabla 9. Análisis de estabilidad del gel, en condiciones aceleradas

Parámetro	Tiempo de evaluación		
	Tiempo cero	3° mes	6° mes
<b>Organolépticos</b>			
Color	Amarillo turbio	Amarillo oscuro turbio	Amarillo oscuro turbio
Olor	Sui generis	Sui generis	Sui generis
Aspecto	Heterogéneo	Heterogéneo	Heterogéneo
Consistencia	Espesa	Ligeramente espesa	Semilíquido
<b>Fisicoquímicos</b>			
pH (25°C)	3,38	3,18	2,87
Viscosidad 25°C, cps	140	57,5	20,0
<b>Microbiológicos</b>			
Aerobios mesófilos, ufc/g	< 10	< 10	< 10
Hongos filamentosos, ufc/g	< 10	< 10	< 10
Levaduras, ufc/g	< 10	< 10	< 10

#### De la actividad antioxidante

De acuerdo al método DPPH, se obtuvieron valores expresados en  $\mu\text{mol Trolox/g camu camu}$  de 876,729 para el gel con filtro y extracto y 1328,937 para el gel con extracto. En el caso de la loción se obtuvo 1389,650 para la loción con filtro y extracto, y 1657,625 para la loción con extracto. (figura 1).

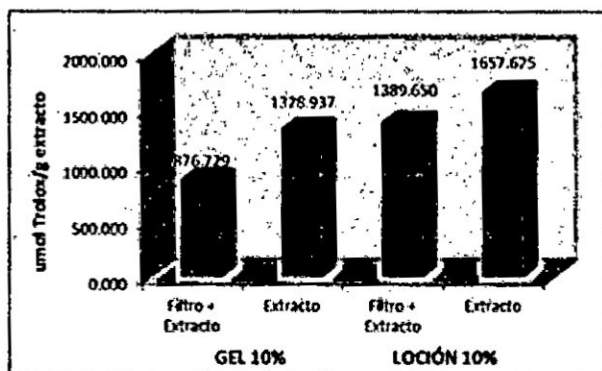


Figura 1. Comparación de la capacidad antioxidante, según método DPPH.

De acuerdo al método ABTS, se obtuvo valores expresados en mmol Trolox/g camu camu de 15,330 para el gel con filtro y extracto, y 16,667 para el gel con extracto. En el caso de la loción se obtuvo 23,384 para la loción con filtro y extracto y 30,516 para la loción con extracto. (figura 2).

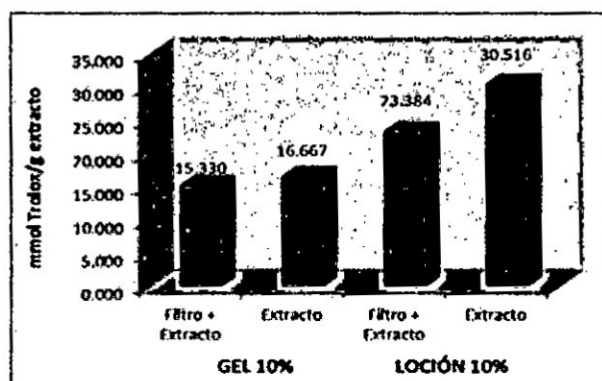


Figura 2. Comparación de la capacidad antioxidante, según método ABTS.

#### De la determinación *in vitro* del Factor de Protección Solar (FPS).

##### Determinación del FPS de los geles

Se obtuvieron valores de FPS de  $0,834 \pm 0,005$  para el gel placebo,  $10,897 \pm 0,298$  para el gel con filtro y extracto,  $10,686 \pm 0,05$  para el gel con filtro solar y  $1,510 \pm 0,036$  para el gel con extracto (figura 3)

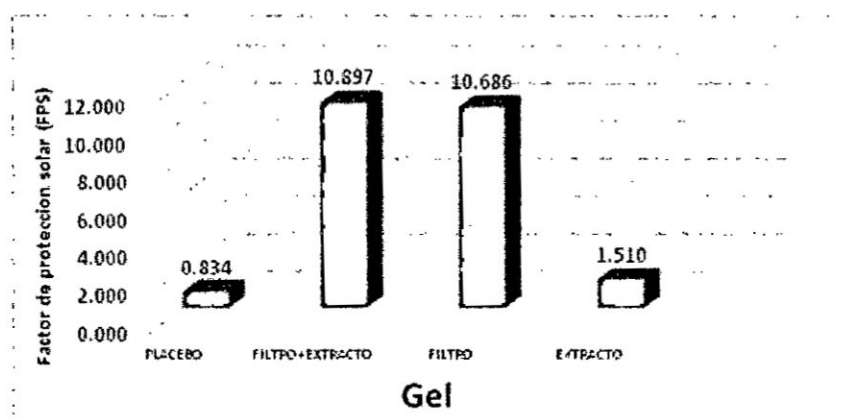


Figura 3. Valores de FPS en los geles.

#### Determinación del FPS de las lociones

Se obtuvieron valores de FPS de  $0,589 \pm 0,057$  para la loción placebo,  $13,401 \pm 0,319$  para la loción con filtro y extracto,  $12,066 \pm 0,053$  para la loción con filtro solar y  $2,667 \pm 0,044$  para la loción con extracto (figura 4)

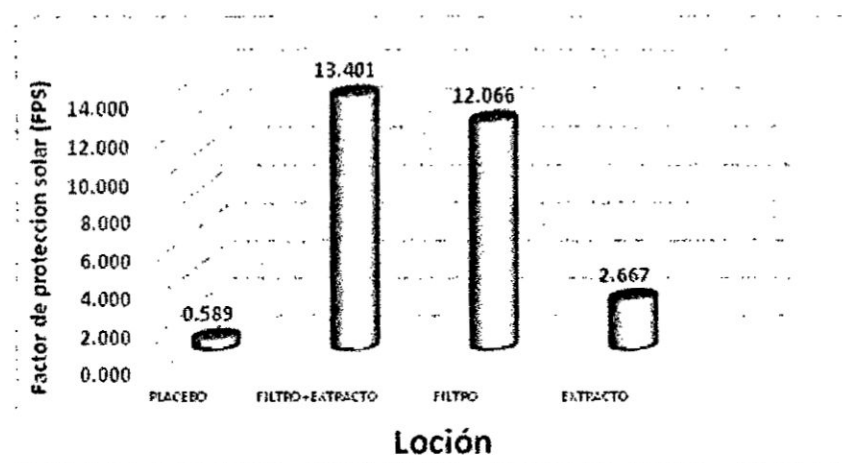


Figura 4. Valores de FPS en las lociones.

El fruto de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK) brinda una excelente alternativa para ser utilizado como sinergista de los fotoprotectores en formulaciones cosméticas por poseer en su composición compuestos con actividad biológica, los que resaltan sustancias antioxidantes, como compuestos fenólicos y vitamina C<sup>12,13</sup>.

Se eligió filtros solares comerciales más conocidos y disponibles en el mercado, además de ser ampliamente utilizados en fotoprotectores diversos y que tuvieran estudios científicos de eficacia frente a la protección contra las radiaciones UVA y UVB. Se utilizó el filtro de benzofenona 4 en los geles y lociones, ya que al ser soluble en agua permite su incorporación en productos hidrofílicos. La concentración de uso de estos filtros sintéticos se determinó tomando en cuenta los valores máximos permitidos de acuerdo a la FDA.

La asociación de los extractos y filtros solares sintéticos en las formulaciones, no presentaron elevación significativa del valor de SPF, que fue de  $10,686 \pm 0,05$  a  $10,897 \pm 0,298$  y de  $12,066 \pm 0,053$  a  $13,401 \pm 0,319$  para el gel. El último resultado demuestra que existe una posible sinergia significativa entre el extracto de camu camu con el filtro solar específicamente en la formulación de la loción. Sin embargo, las formulaciones con filtro solar denotan un valor de SPF alto cercano a SPF 15, especialmente para la loción. Estos resultados pueden explicarse tomando en cuenta que la eficacia de un filtro solar, es decir, la actividad fotoprotectora, depende de la capacidad de absorción de energía radiante atribuida a los grupos cromóforos, proporcional a su concentración, intervalo de absorción y longitud de onda donde ocurre la absorción máxima<sup>21</sup>. Al relacionar esta premisa con los resultados del presente estudio, se puede sugerir que los valores bajos de FPS es consecuencia a la baja concentración de las moléculas con capacidad para absorber la radiación UV (cromóforos). Adicionalmente, los valores bajos de FPS en las formulaciones con extractos, podrían relacionarse con el método utilizado para determinar la actividad fotoprotectora, ya que este método restringe la eficacia de las formulaciones elaboradas a los compuestos que absorben radiación sólo al rango UVB, 290 a 320nm, no incluyendo así a todo el rango UV; es decir desde los 200 hasta los 400nm.

### CONCLUSIONES

Se estableció parámetros de la calidad fisicoquímica, microbiológica y estabilidad a condiciones normales y aceleradas de la loción y gel con extracto y filtro solar. Ambas formulaciones muestran actividad antioxidante con valores de 876,729  $\mu\text{mol Trolox/g camu camu}$  para el gel, y 1389,650  $\mu\text{mol Trolox/g camu camu}$  para la loción (método DPPH) y valores de 15,330  $\text{mmol Trolox/g camu camu}$  para el gel, y 23,384  $\text{mmol Trolox/g camu camu}$  para la loción (método ABTS). Las formas farmacéuticas de loción y gel conteniendo extracto estabilizado de camu camu y filtro solar presentan valores de Factores de Protección Solar (FPS) de  $10,897 \pm 0,298$  para el gel, y  $13,401 \pm 0,319$  para la loción. Se concluye que la loción y gel poseen propiedades antioxidantes y factor de protección solar acorde a las exigencias normativas.

### AGRADECIMIENTO

Esta investigación se ha realizado gracias a la colaboración y asesoría del Laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM y al financiamiento del FINCYT-FIDECOM.

### BIBLIOGRAFÍA

1. De Gálvez MV. Antioxidantes en fotoprotección, ¿realmente funcionan? *Actas Dermosifiliográficas*. 2010; 101(3): 197-200.
2. Comisión de la Comunidad Andina. DECISION 516. Armonización de Legislaciones en materia de Productos Cosméticos. Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena No. 771 del 14 de marzo de 2002.
3. Racan F, Rosan S, Boehm K, Fernandez E, Hidalgo M, Quihot W. et al. Protection against UVB irradiation by natural filters extracted from lichens. *J. Photochem. Photobiol. B*. 2002; 68 (2-3): 133-9.



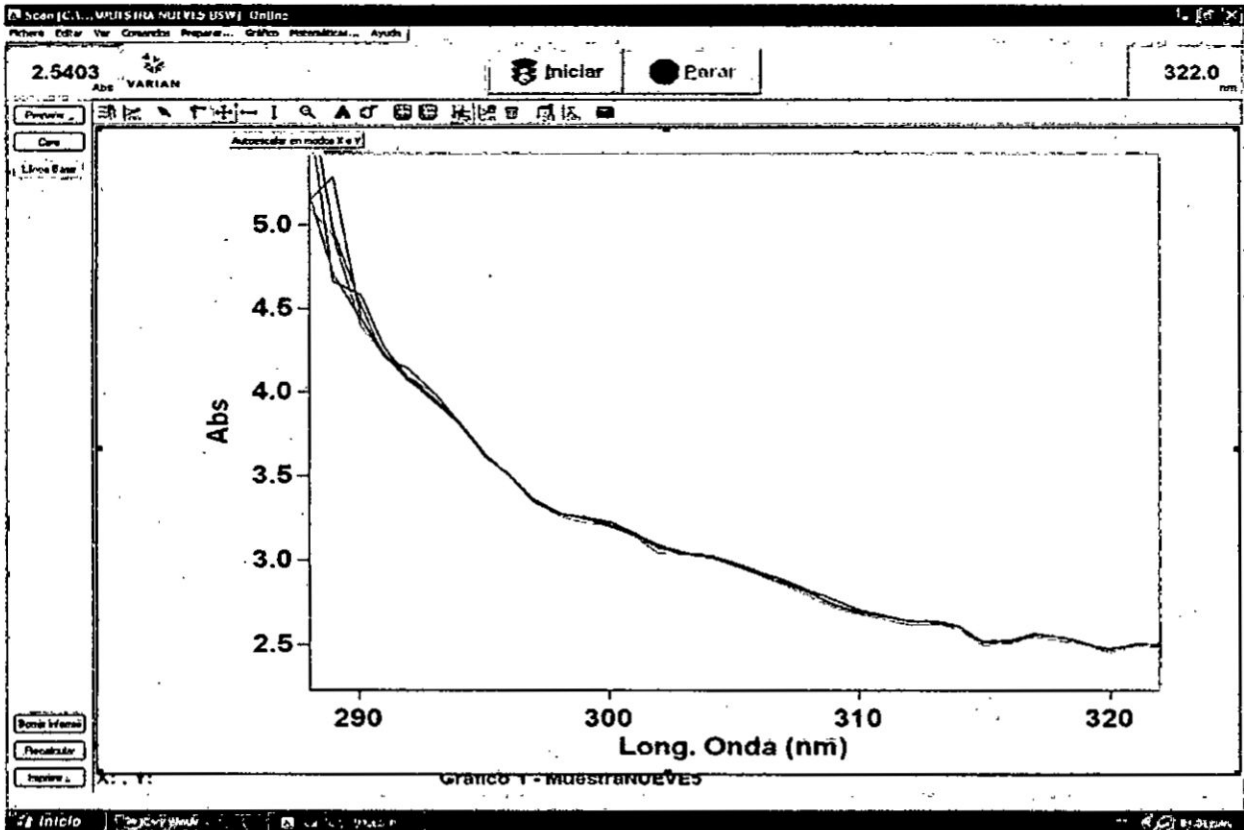
4. Tabriz H, Mortazavi S, Kamalinejad M. An *in vitro* evaluation of various Rosa Damascena extracts as a natural antisolar agent. *Int. J. Cosm. Sci.* 2003; 25 (1): 259-265.
5. Souza T, Moreira R, Rangel V, Pietro R. Avaliação da atividade fotoprotetora de *Achillea millefolium* L. *Rev. Bras. Farmacogn.* 2005; 15 (1): 36-38.
6. Nascimento S, Nunes L, Lima A, Grangeiro Júnior S, Rolim. Incremento do FPS em formulação de protetor solar utilizando extratos de própolis verde e vermelha. *Rev. Bras. Farm.* 2009; 90 (4): 334-339.
7. Velasco M, Balogh T, Pedriali C. Associação da Rutina com p-Metoxicinamato de Octila e Benzofenona-3: Avaliação *in vitro* da Eficácia Fotoprotetora por Espectrofotometria de Refletância. *Lat. Am. J. Pharm.* 2008; 27 (1): 23-7.
8. Casagrande R, Georgetti S, Verri W. Protective effect of topical formulations containing quercetin against UVB-induced oxidative stress in hairless mice. *J. Photochem. Photobiol. B.* 2006; 84(1): 21-7.
9. Aquino R, Morelli S, Tomaino A, Pellegrino M, Saija A. Antioxidant and photoprotective activity of a crude extract of *Culcitium reflexum* H.B.K. leaves and their major flavonoids. *Journal of Ethnopharmacology.* 2001; 79(1): 183-191.
10. Boniña C, Puglia D, Venturà R, Aquino S, Tortora A, Sacchi A. et al. *In vitro* antioxidant and *in vivo* photoprotective effects of a lyophilized extract of *Capparis pinosa* L. buds. *J. Cosmet. Sci.* 2002; 53(6): 321-35.
11. Psotova J, Svobodova A, Kolarova H, Walterova D. Photoprotective properties of *Prunella vulgaris* and rosmarinic acid on human keratinocytes. *J. Photochem. Photobiol. B.* 2005; 84 (1): 167-174.
12. Villanueva, T.; Condezo-Hoyos, L.; Ramírez, E. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante en la cáscara de camu camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh. *Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos, Campinas.* 2010. 30 (Supl. 1): 151-160 p.
13. Zamudio, L.B. 2007. Caracterização de Vitamina C em frutos de Camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) em diferentes estágios de maturação do Banco Ativo de Germoplasma de Embrapa. Dissertação para Especialização em Nutrição Humana. Universidade de Brasília UnB Brasília DF-Brasil. 104 p.
14. Alcalde T. Alimentos Usados en Formulaciones Cosméticas. Propiedades y Aplicaciones. *Offarm.* 2007; 26(1): 100-108.
15. Villarreal A. Formulación de una nanoemulsión dermocosmética, nutritiva y regeneradora de la piel. Tesis Maestría. Universidad De Los Andes, Facultad De Ciencias. Venezuela. 2004.
16. Antolovich M, Prenzler P, Patsalides E, McDonald S, Robards K. Methods for testing antioxidant activity. *Analytic.* 2002; 127 (1): 183-198.
17. Friaa D. Kinetics of the reaction between the antioxidant Trolox and the free radical DPPH<sup>•</sup> in semi-aqueous solution. *Org. Biomol. Chem.* 2006.
18. Re R., Pellegrini Ni., Proteggente A., Yang M., Rice Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine;* 1999; 26: 1231-1237.
19. Mansur J, Breder M, Mansur M, Azulay R. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. *An. Bras. Dermatol.* 1986; 61 (1): 121-124.
20. Sayre R, Desrochers D, Marlow E. Sunscreen testing methods: *in vitro* predictions of effectiveness. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 1980; 31 (1): 133-43.
21. Silva Filho E, Sena G, Pires J. Moléculas inibidoras de radiações UV. *Cosmetic and Toiletries.* 2003; 15 (1): 82-84.

## ANEXO N°03

### LECTURAS REALIZADAS EN EL ESPECTROFOTÓMETRO UV/VISIBLE PARA DETERMINAR EL FPS DEL ACEITE DE CAFÉ

ACEITE DE CAFÉ						
λ (nm)	ABSORBANCIAS					PROMEDIO
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	
290	4.4198	4.5836	4.5391	4.4756	4.4510	4.4938
295	3.6183	3.6183	3.6352	3.6303	3.6287	3.6262
300	3.2033	3.2244	3.2058	3.2007	3.2143	3.2097
305	2.9721	2.9686	2.9849	2.9759	2.9797	2.9762
310	2.6778	2.6964	2.6960	2.7054	2.6912	2.6934
315	2.5014	2.5179	2.5184	2.5152	2.5189	2.5144
320	2.4599	2.4713	2.4747	2.4770	2.4726	2.4711
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	30.10	30.23	30.23	30.19	30.21	30.19

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra de aceite de café

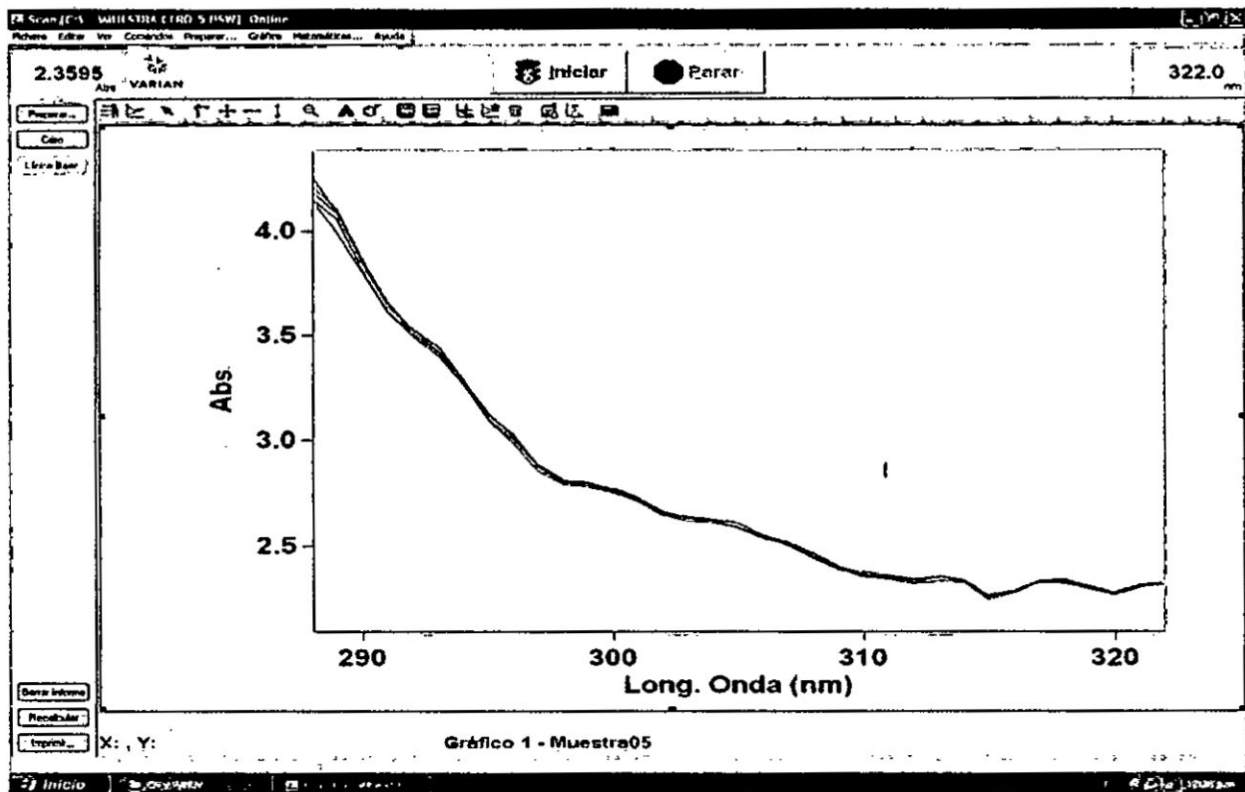


## ANEXO N°04

### LECTURAS REALIZADAS EN EL ESPECTROFOTÓMETRO UV/VISIBLE PARA DETERMINAR EL FPS DE LA CREMA PROTECTORA SOLAR BASE

MUESTRA 0						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					PROMEDIO
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	
290	3.7937	3.8026	3.8369	3.8376	3.8532	3.8248
295	3.0973	3.1068	3.1232	3.1289	3.1289	3.1170
300	2.7507	2.7638	2.7714	2.7536	2.7627	2.7604
305	2.5845	2.6032	2.5850	2.5856	2.5865	2.5890
310	2.3539	2.3591	2.3635	2.3654	2.3739	2.3632
315	2.2475	2.2554	2.2579	2.2675	2.2678	2.2592
320	2.2727	2.2702	2.2723	2.2779	2.2815	2.2749
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	26.16	26.28	26.27	26.24	26.29	26.25

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 0

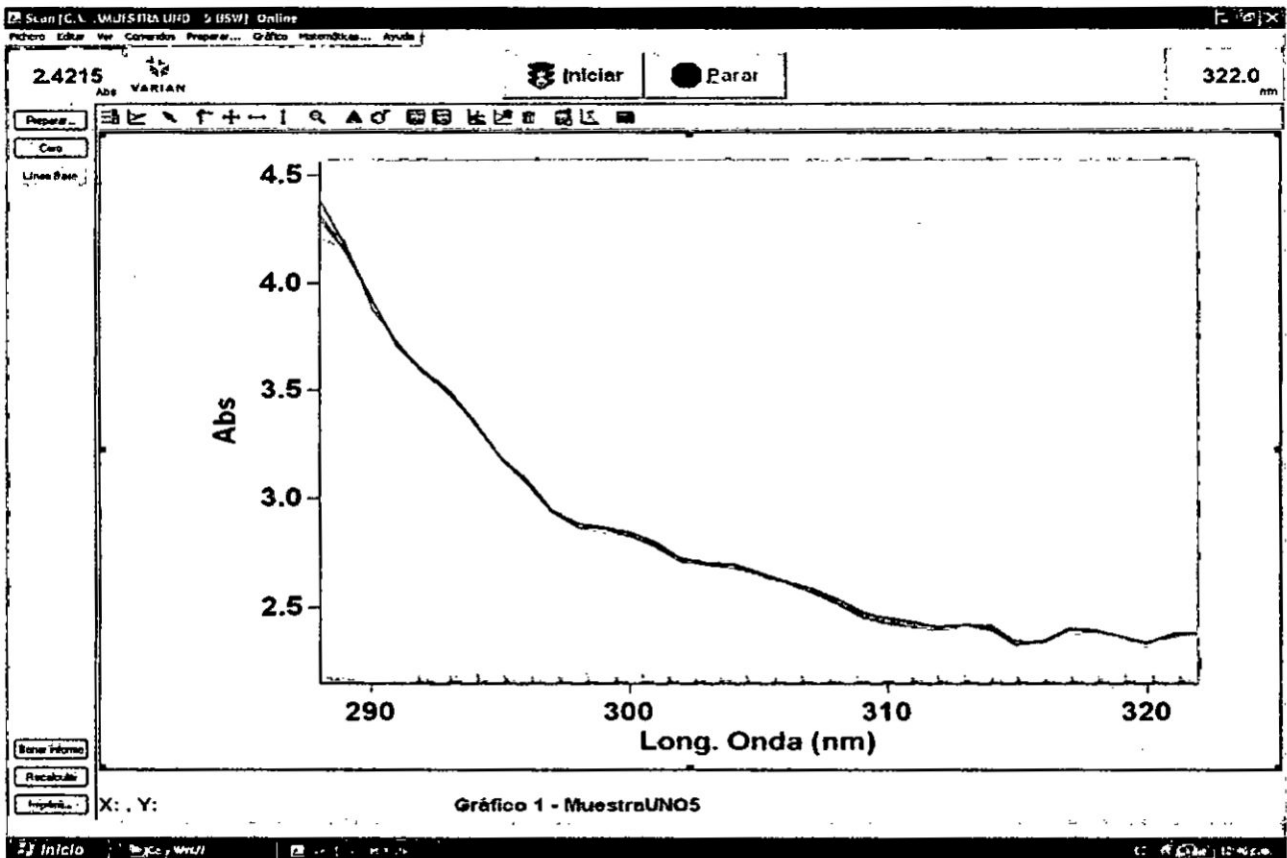


## ANEXO N°05

### LECTURAS REALIZADAS EN EL ESPECTROFOTÓMETRO UV/VISIBLE PARA DETERMINAR EL FPS DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES DE CREMA PROTECTORA SOLAR UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ

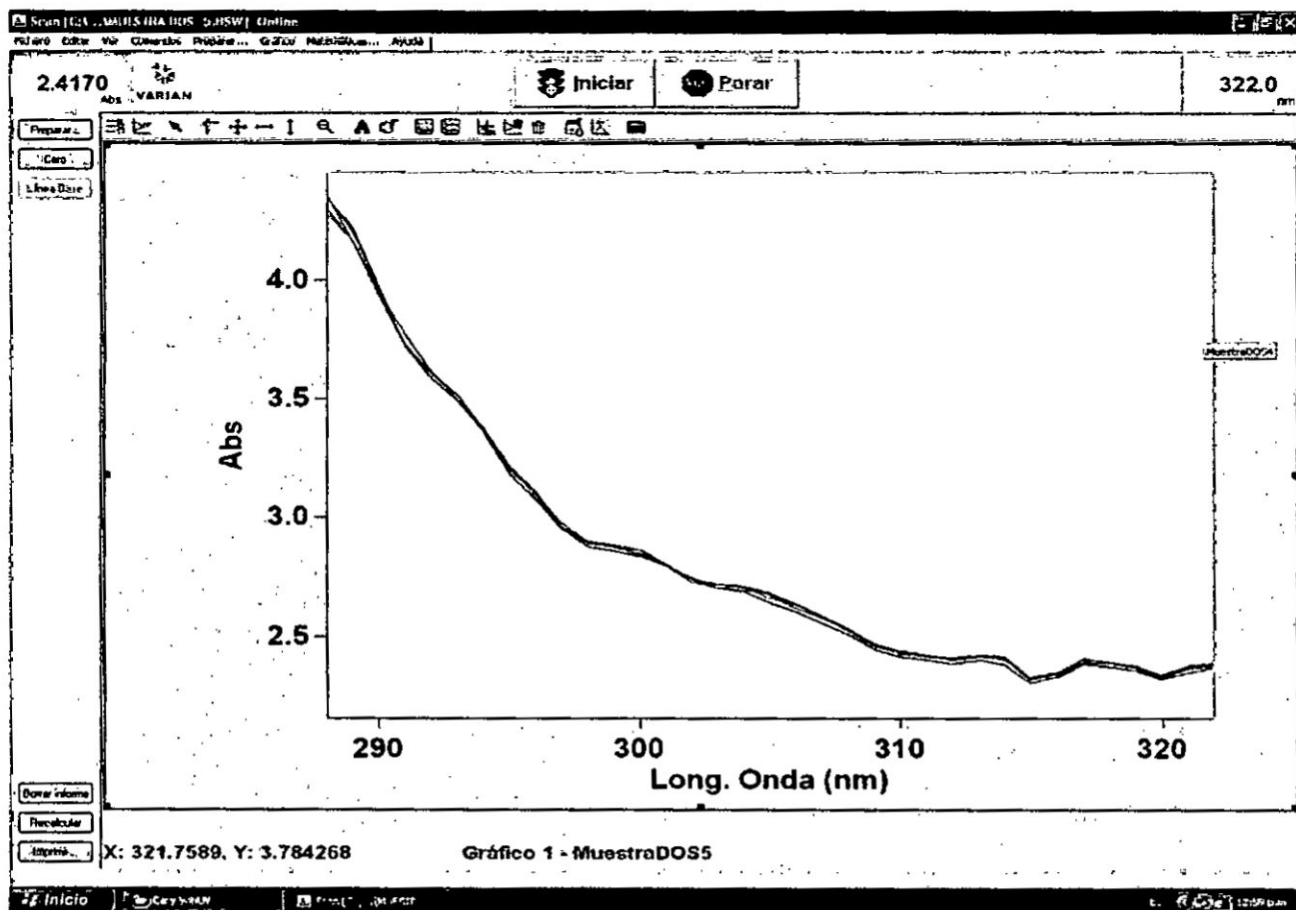
MUESTRA 1						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	3.9158	3.9217	3.9251	3.8909	3.9244	3.9156
295	3.1858	3.1882	3.1925	3.1900	3.1981	3.1909
300	2.8832	2.8300	2.8271	2.8445	2.8414	2.8452
305	2.6473	2.6571	2.6494	2.6602	2.6628	2.6554
310	2.4278	2.4169	2.4356	2.4525	2.4490	2.4364
315	2.3231	2.3253	2.3431	2.3306	2.3341	2.3312
320	2.3218	2.3338	2.3387	2.3408	2.3401	2.3350
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	27.05	26.91	26.93	27.03	27.04	26.99

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 1



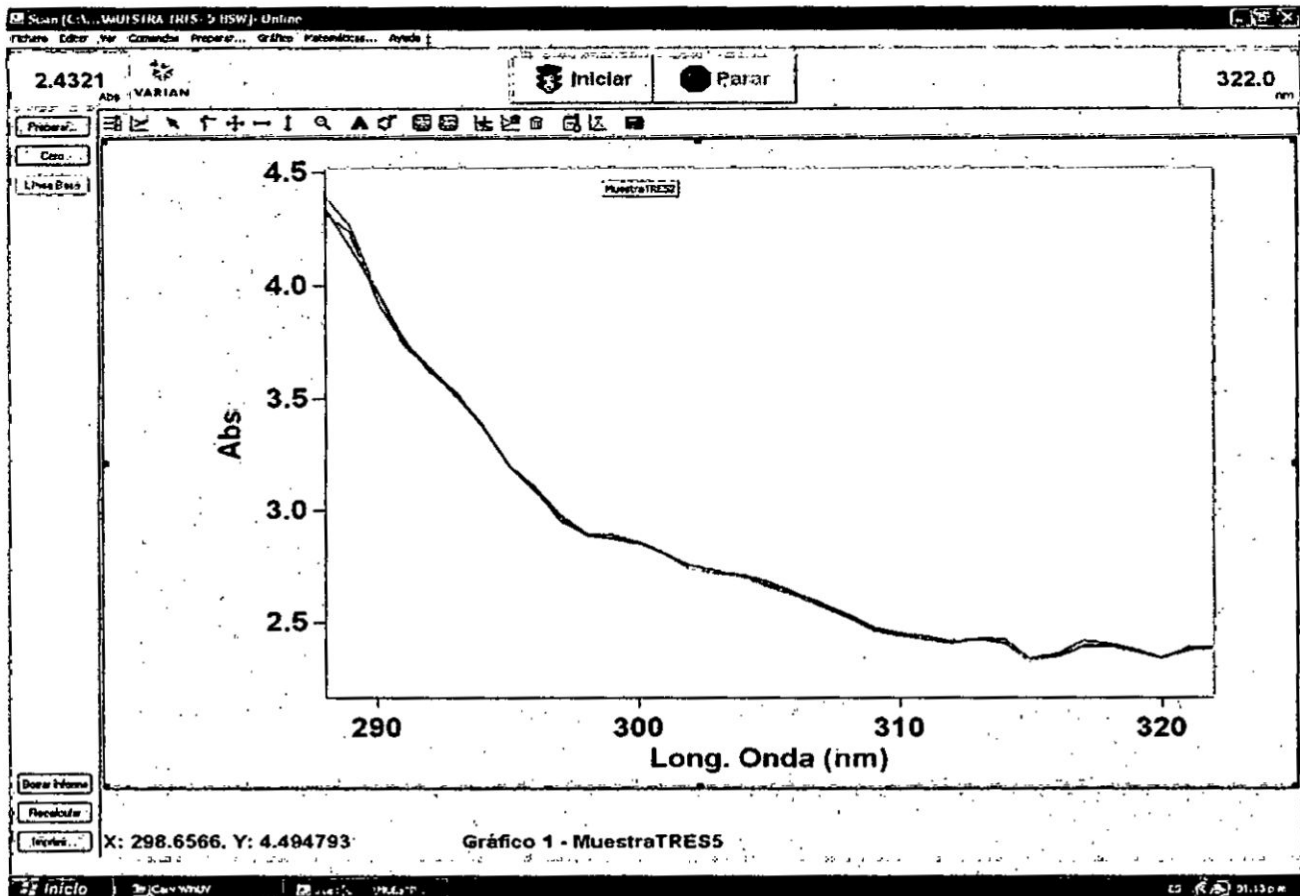
MUESTRA 2						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	3.9341	3.9546	3.9286	3.9459	3.9368	3.9400
295	3.1886	3.2023	3.2149	3.2173	3.2172	3.2081
300	2.8358	2.8462	2.8469	2.8600	2.8437	2.8465
305	2.6436	2.6622	2.6799	2.6732	2.6811	2.6680
310	2.4165	2.4279	2.4383	2.4088	2.4407	2.4264
315	2.3082	2.3001	2.3281	2.3239	2.3319	2.3184
320	2.3239	2.3287	2.3372	2.3405	2.3425	2.3346
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	26.87	26.99	27.10	27.06	27.11	27.03

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 2



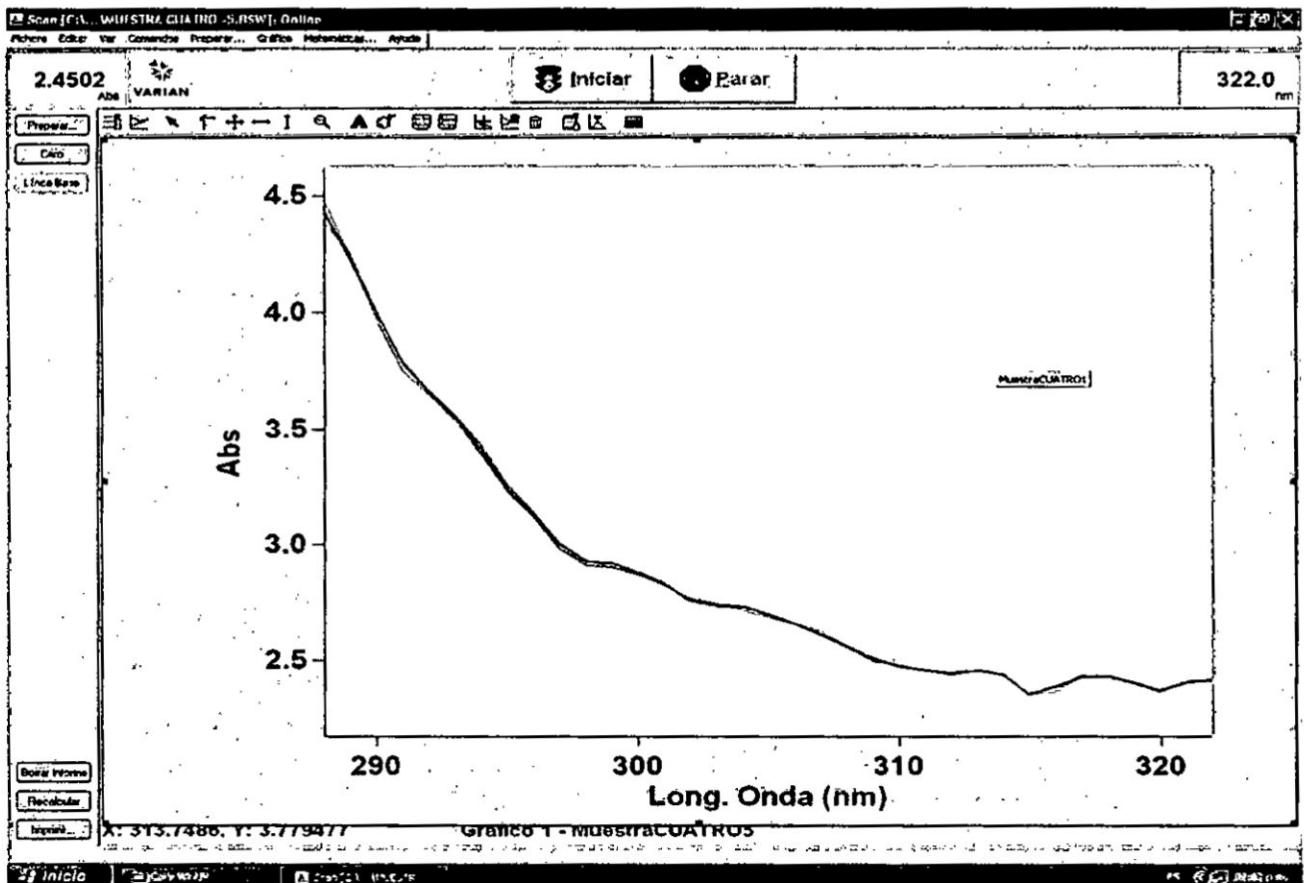
MUESTRA 3						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	3.9626	3.9301	3.9624	3.9769	3.9727	3.9609
295	3.2077	3.2132	3.2058	3.2138	3.2124	3.2106
300	2.8499	2.8517	2.8583	2.8592	2.8603	2.8559
305	2.6555	2.6776	2.6636	2.6692	2.6690	2.6670
310	2.4434	2.4433	2.4461	2.4549	2.4532	2.4482
315	2.3309	2.3309	2.3329	2.3329	2.3438	2.3343
320	2.3433	2.3484	2.3471	2.3536	2.3467	2.3478
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	27.04	27.12	27.10	27.15	27.15	27.11

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 3



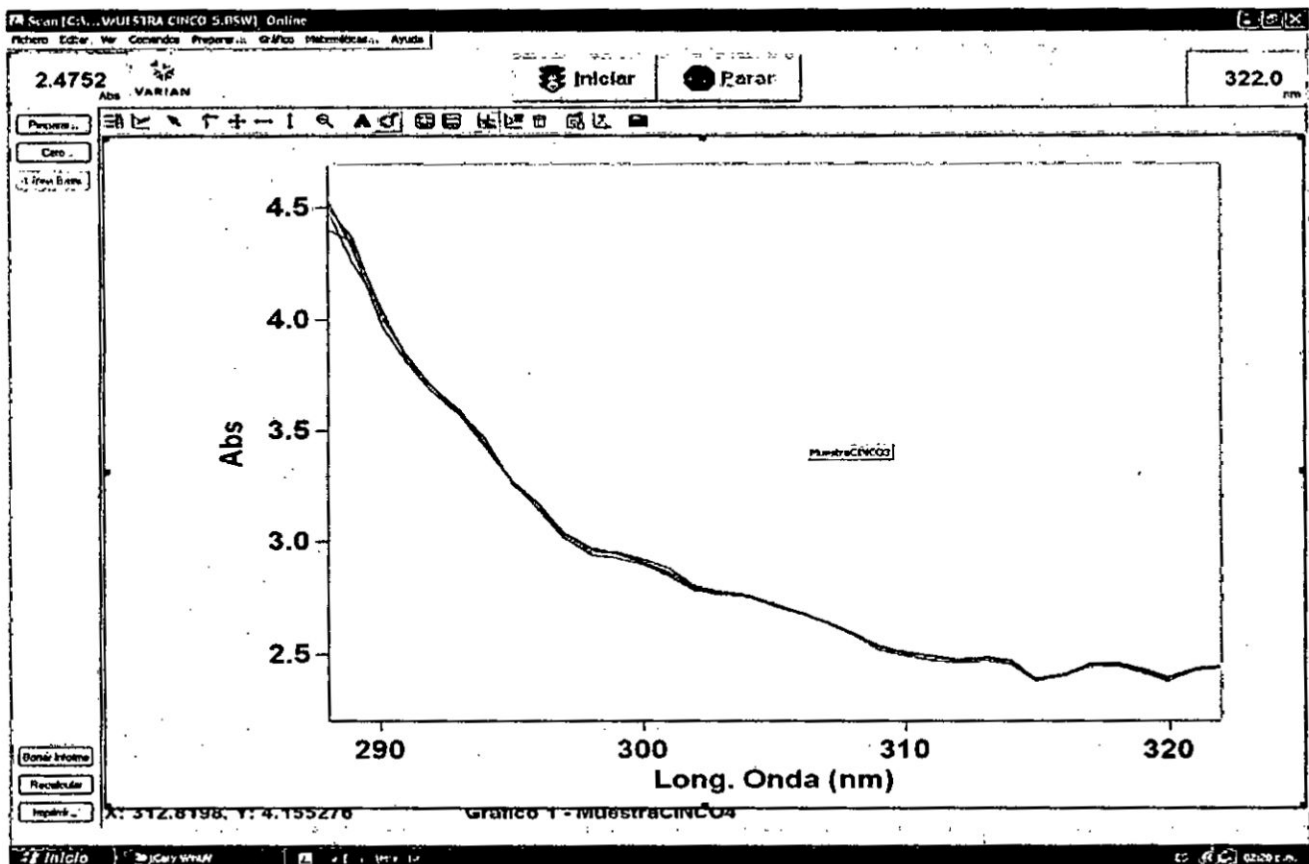
MUESTRA 4						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	4.0007	3.9694	3.9994	3.9949	3.9968	3.9922
295	3.2328	3.2306	3.2362	3.2486	3.2604	3.2417
300	2.8804	2.8701	2.8692	2.8819	2.8736	2.8750
305	2.6852	2.7013	2.6917	2.6979	2.6938	2.6940
310	2.4803	2.4757	2.4727	2.4769	2.4784	2.4768
315	2.3630	2.3548	2.3597	2.3610	2.3624	2.3602
320	2.3759	2.3798	2.3750	2.3726	2.3785	2.3764
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPSS	FPSpromedio
	27.36	27.36	27.33	27.40	27.38	27.37

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 4



MUESTRA 5						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	3.9963	4.0564	4.0297	4.0603	4.0369	4.0359
295	3.2769	3.2699	3.2839	3.2739	3.2743	3.2758
300	2.8997	2.9043	2.9116	2.9227	2.9208	2.9118
305	2.7151	2.7179	2.7243	2.7203	2.7216	2.7198
310	2.4929	2.5044	2.5033	2.5056	2.5067	2.5026
315	2.3812	2.3838	2.3850	2.3839	2.3908	2.3849
320	2.3803	2.3936	2.3954	2.4000	2.3981	2.3935
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	27.58	27.64	27.68	27.70	27.71	27.66

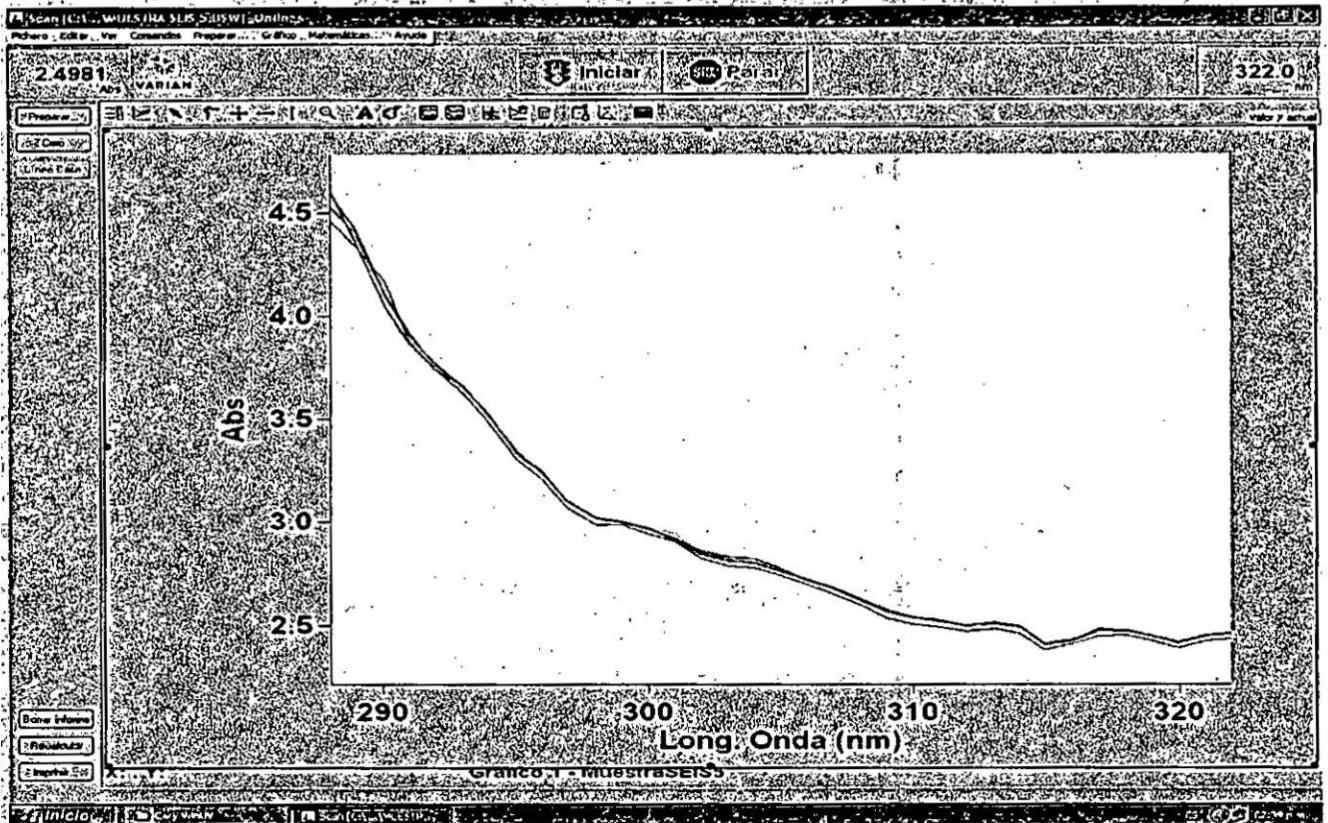
Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 5





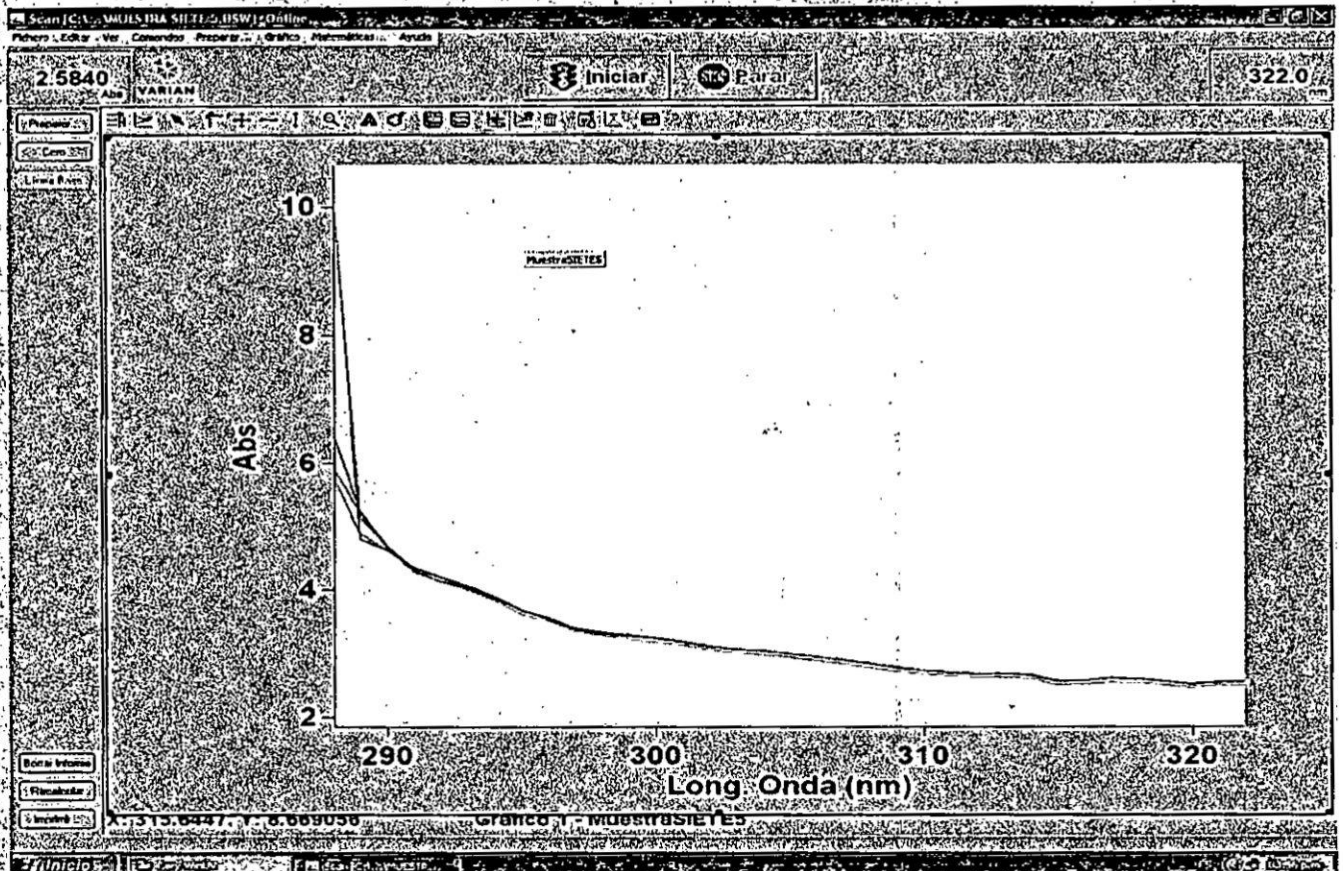
MUESTRA 6						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					PROMEDIO
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	
290	4.0653	4.1075	4.1738	4.1224	4.1227	4.1183
295	3.3111	3.3325	3.3433	3.3411	3.3494	3.3355
300	2.9391	2.9736	2.9618	2.9654	2.9666	2.9613
305	2.7411	2.7694	2.7733	2.7652	2.7613	2.7621
310	2.5059	2.5372	2.5369	2.5404	2.5406	2.5322
315	2.3865	2.4138	2.4078	2.4127	2.4114	2.4064
320	2.3930	2.4140	2.4178	2.4155	2.4190	2.4119
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	27.85	28.15	28.14	28.13	28.13	28.08

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 6



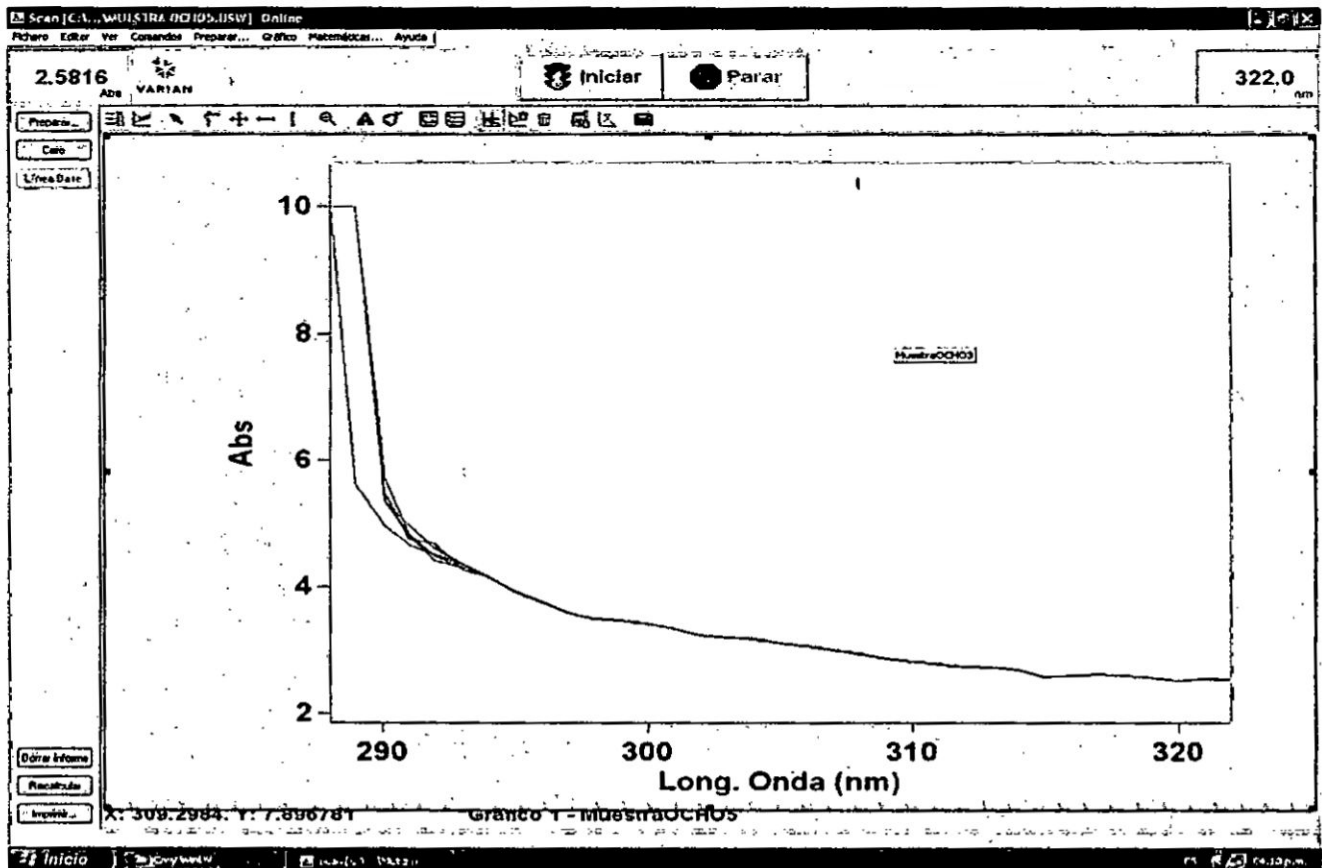
MUESTRA 7						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					PROMEDIO
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	
290	4.6138	4.6668	4.6274	4.6707	4.6173	4.6392
295	3.6189	3.6740	3.6838	3.6681	3.6743	3.6638
300	3.1864	3.2382	3.2395	3.2509	3.2325	3.2295
305	2.9475	3.0004	2.9996	2.9952	2.9988	2.9883
310	2.6870	2.7349	2.7367	2.7327	2.7356	2.7254
315	2.5167	2.5642	2.5693	2.5694	2.5754	2.5590
320	2.4748	2.5188	2.5255	2.5202	2.5262	2.5131
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	30.03	30.55	30.56	30.56	30.53	30.45

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 7



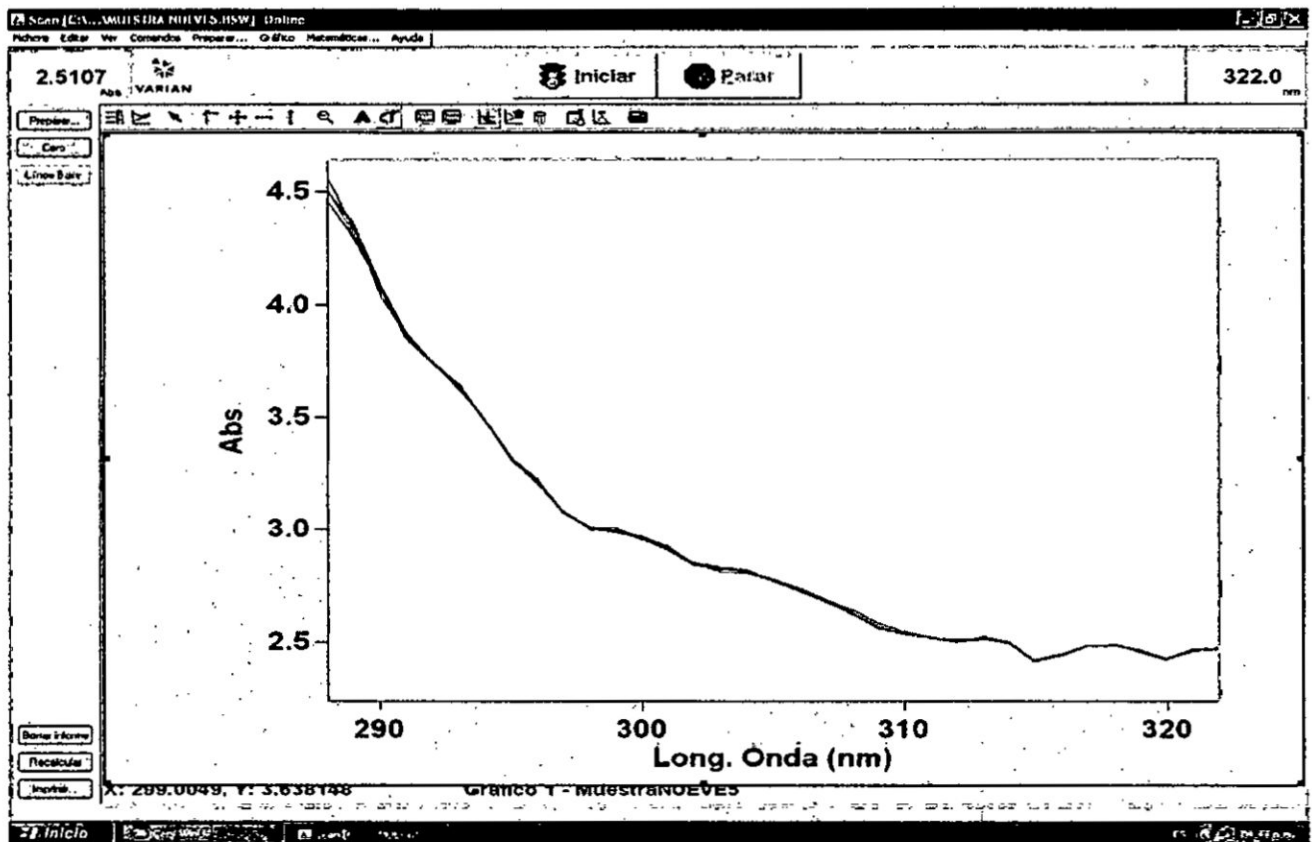
MUESTRA 8						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	4.9931	5.9220	5.6937	5.5659	5.5662	5.5482
295	3.9147	3.9298	3.9120	3.9196	3.9005	3.9153
300	3.4129	3.4049	3.4059	3.4028	3.4074	3.4068
305	3.1159	3.1125	3.1084	3.1158	3.1188	3.1143
310	2.8141	2.8140	2.8151	2.8192	2.8285	2.8182
315	2.5840	2.5838	2.5885	2.5820	2.5884	2.5853
320	2.5180	2.5205	2.5225	2.5242	2.5220	2.5214
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	31.84	31.95	31.90	31.91	31.94	31.91

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 8



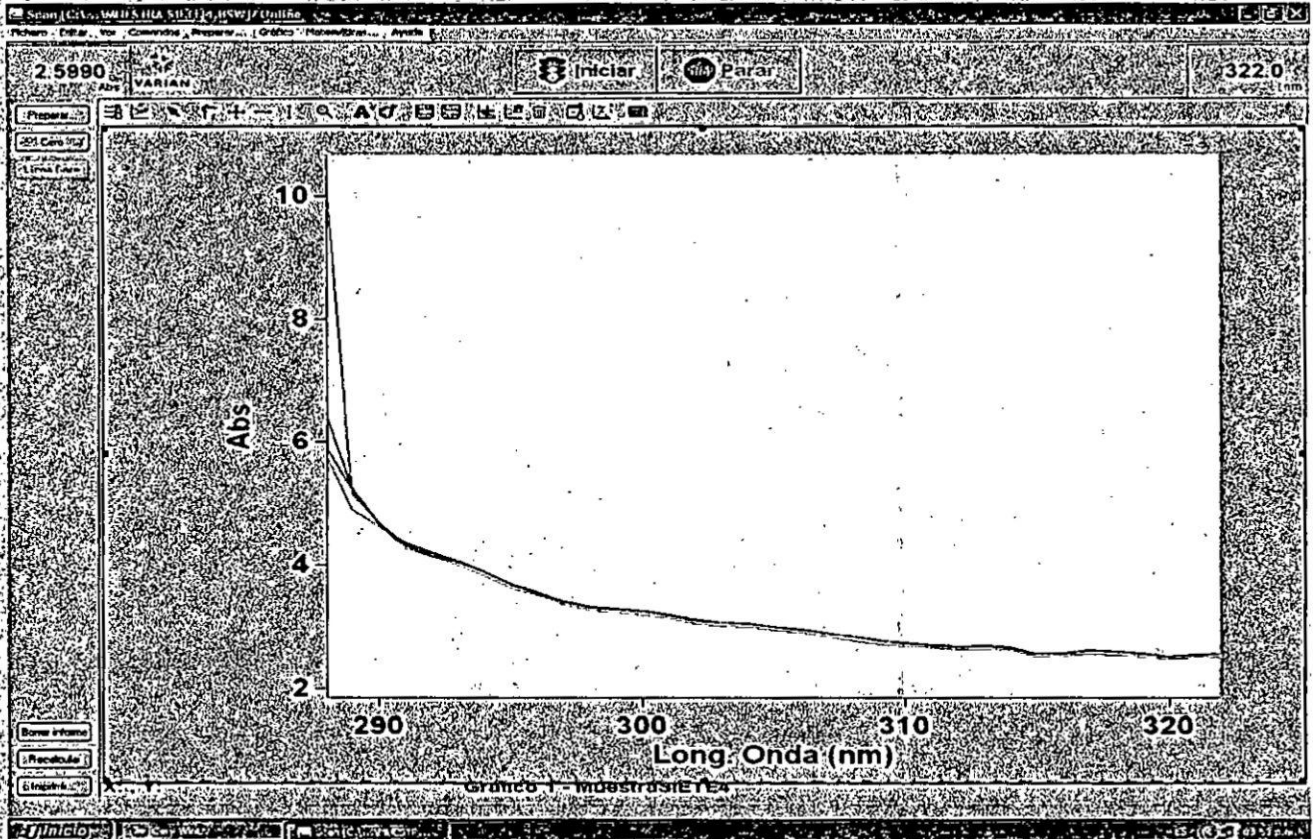
MUESTRA 9						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	4.0928	4.0478	4.0896	4.0698	4.0823	4.0765
295	3.3252	3.3194	3.3141	3.3249	3.3258	3.3219
300	2.9654	2.9551	2.9589	2.9618	2.9548	2.9592
305	2.7743	2.7680	2.7777	2.7798	2.7752	2.7750
310	2.5385	2.5386	2.5357	2.5410	2.5464	2.5400
315	2.4220	2.4183	2.4154	2.4236	2.4229	2.4204
320	2.4253	2.4299	2.4282	2.4243	2.4303	2.4276
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	28.15	28.08	28.12	28.16	28.14	28.13

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 9



MUESTRA 10						
$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	4.6245	4.6542	4.6145	4.6841	4.6142	4.6383
295	3.6541	3.6487	3.6358	3.6451	3.6998	3.6567
300	3.2574	3.2498	3.2475	3.2420	3.2458	3.2485
305	3.0014	3.0521	2.9871	2.9974	2.9784	3.0033
310	2.7150	2.7259	2.8417	2.8175	2.7982	2.7797
315	2.6078	2.5313	2.5367	2.5274	2.5198	2.5446
320	2.5681	2.5001	2.5010	2.5310	2.5341	2.5269
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	30.59	30.68	30.66	30.65	30.59	30.64

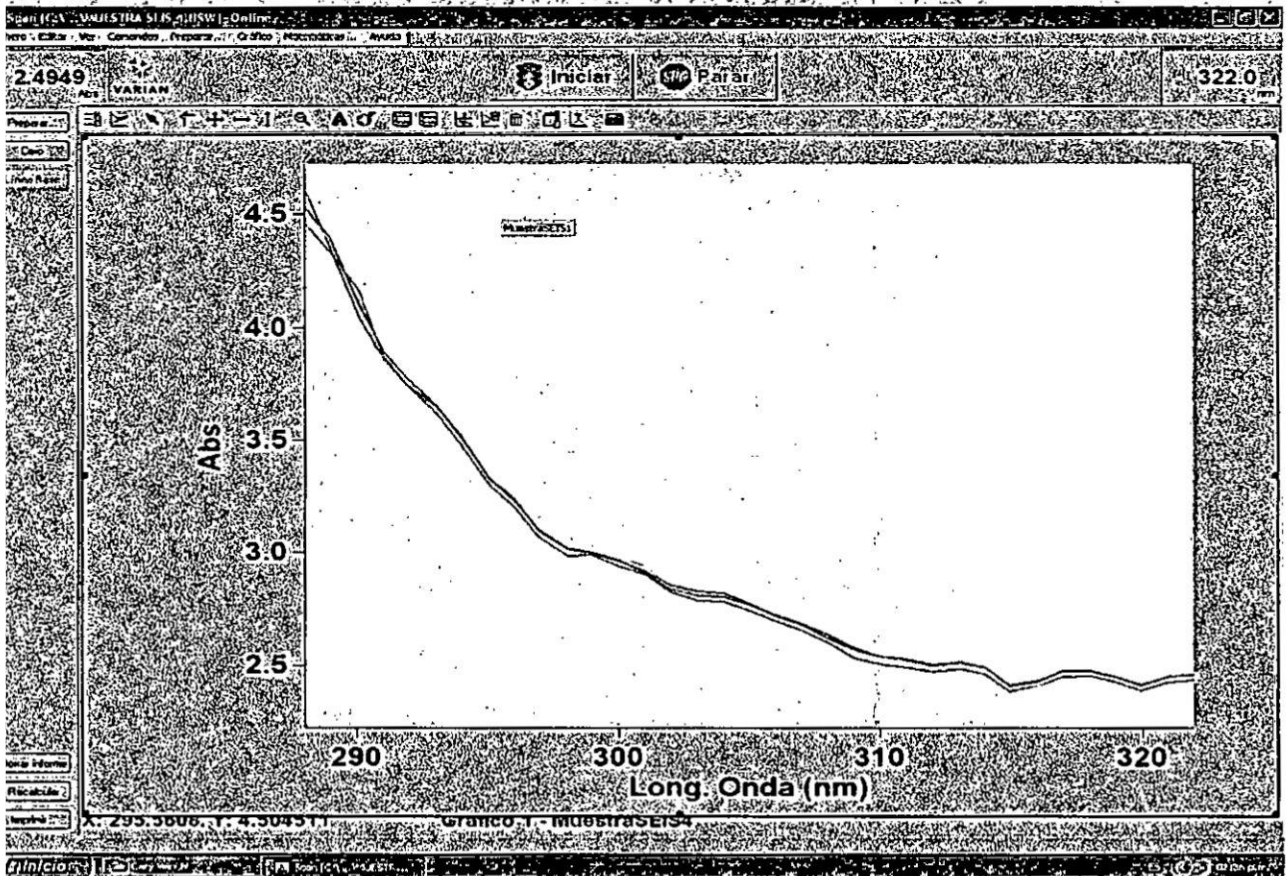
Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 10





MUESTRA 11						
ABSORBANCIAS						
$\lambda$ (nm)	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	PROMEDIO
290	4.6251	4.6251	4.6199	4.6304	4.6458	4.6293
295	3.5984	3.5214	3.5985	3.6745	3.5756	3.5937
300	3.1795	3.2247	3.2474	3.2489	3.2526	3.2306
305	2.9575	2.9625	2.8997	2.8514	2.8752	2.9093
310	2.6901	2.7004	2.7154	2.7245	2.7214	2.7104
315	2.5099	2.4125	2.4125	2.4952	2.4814	2.4623
320	2.4985	2.4925	2.5195	2.5202	2.5394	2.5140
	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
FPS	30.04	30.06	30.01	30.01	30.00	30.02

Longitud de onda Vs Absorbancia – Muestra 11

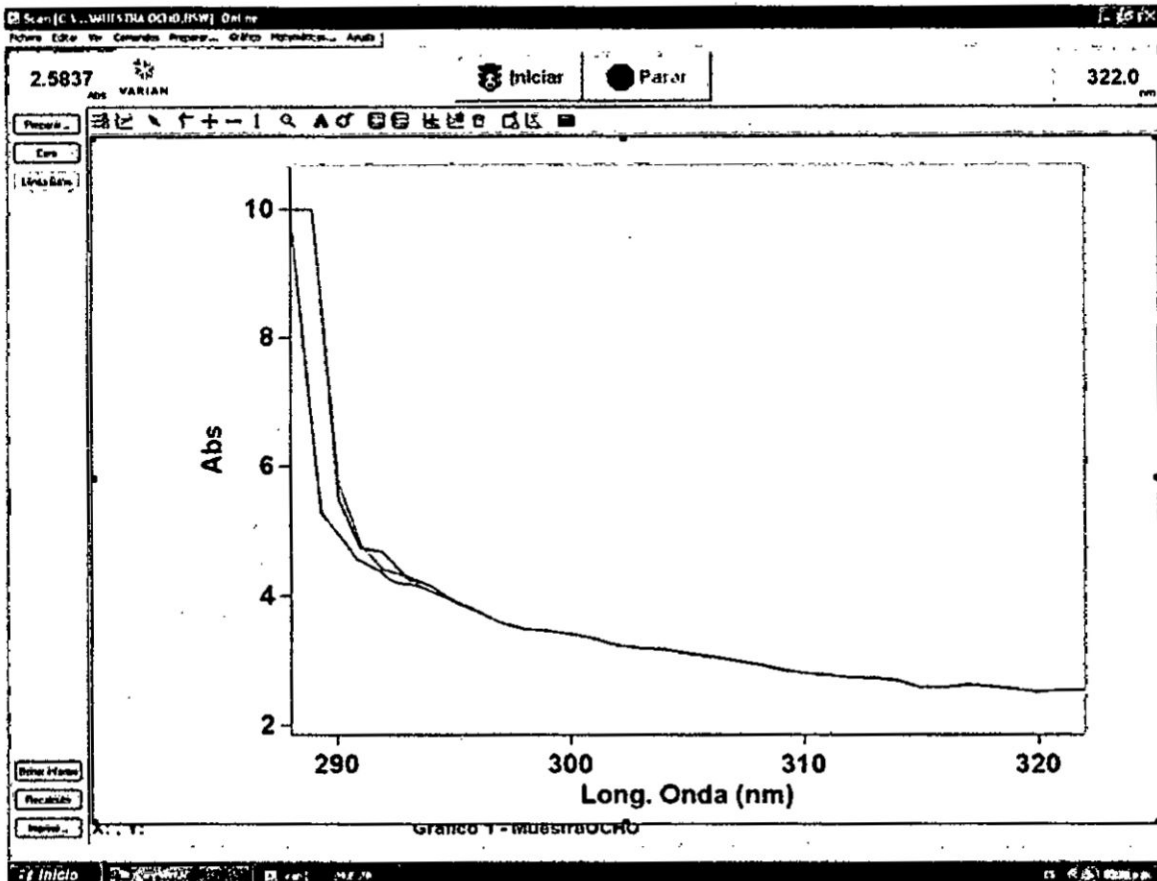


## ANEXO N°06

### LECTURAS REALIZADAS EN EL ESPECTROFOTÓMETRO UV/VISIBLE PARA DETERMINAR EL FPS DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA A LOS 30 Y 60 DÍAS

FORMULACIÓN ÓPTIMA (Muestra 8) - 30 DÍAS						
λ (nm)	ABSORBANCIAS					PROMEDIO
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	
290	4.9836	5.5241	5.6874	5.5587	5.5551	5.4618
295	3.9054	3.9051	3.8725	3.9007	3.8945	3.8956
300	3.4087	3.3987	3.4121	3.4013	3.4003	3.4042
305	3.1057	3.1041	3.1047	3.1023	3.1188	3.1071
310	2.8099	2.8125	2.8211	2.7985	2.8285	2.8141
315	2.5814	2.5684	2.5796	2.5714	2.5884	2.5778
320	2.5142	2.5001	2.5412	2.5201	2.5220	2.5195
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	31.77	31.81	31.88	31.79	31.91	31.83

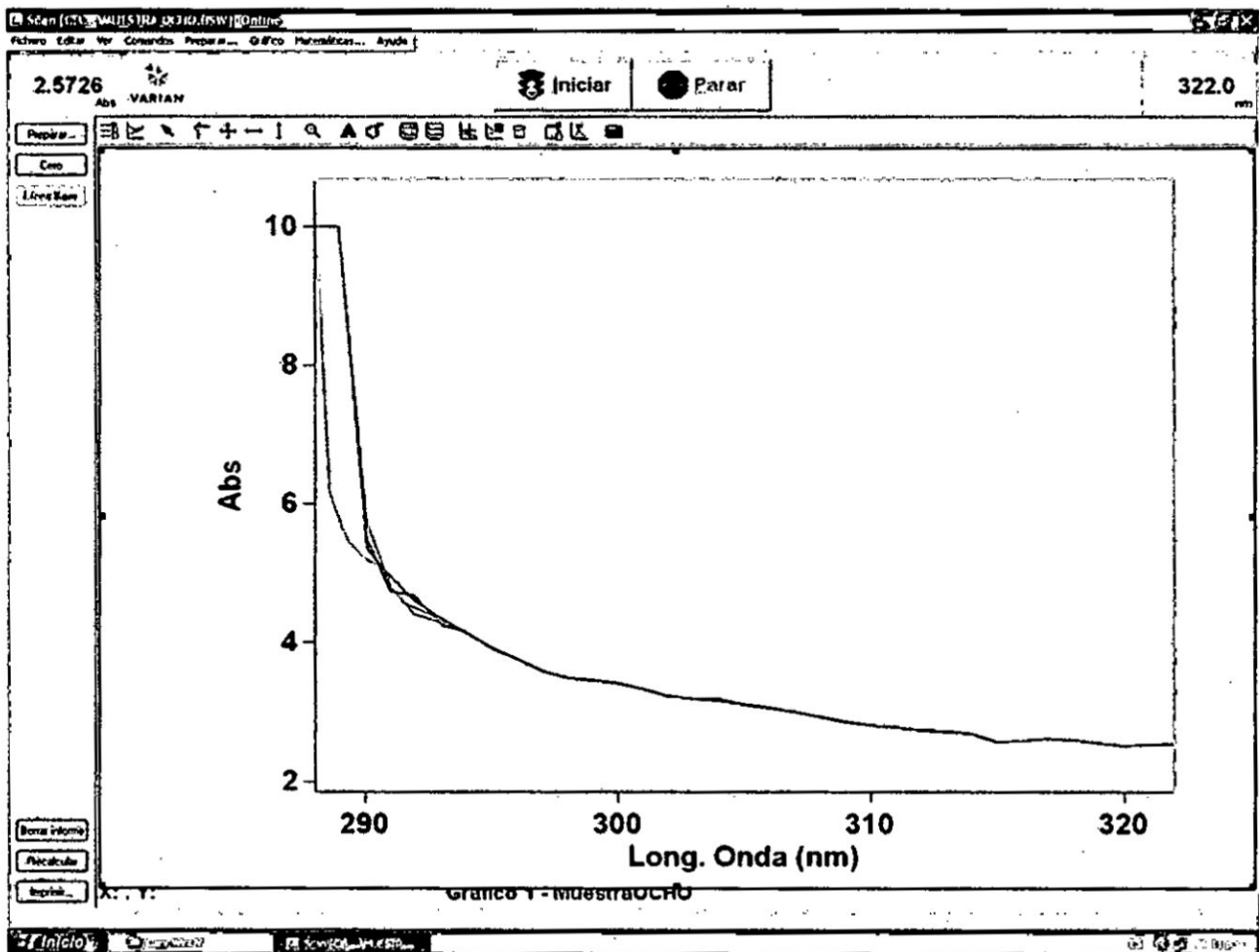
Longitud de onda Vs Absorbancia – Formulación óptima a los 30 días



### FORMULACIÓN ÓPTIMA (Muestra 8) - 60 DÍAS

$\lambda$ (nm)	ABSORBANCIAS					PROMEDIO
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5	
290	4.9581	5.7712	5.6841	5.5551	5.5781	5.5093
295	3.9052	3.8995	3.9039	3.9041	3.9544	3.9134
300	3.4122	3.4152	3.3995	3.3987	3.4014	3.4054
305	3.1004	3.1098	3.1047	3.1044	3.1127	3.1064
310	2.8109	2.8144	2.8147	2.7952	2.7584	2.7987
315	2.5784	2.5712	2.5763	2.5832	2.5736	2.5765
320	2.5041	2.5011	2.5347	2.5114	2.5147	2.5132
FPS	FPS1	FPS2	FPS3	FPS4	FPS5	FPSpromedio
	31.76	31.91	31.85	31.80	31.80	31.82

Longitud de onda Vs Absorbancia – Formulación óptima a los 60 días





**LIBRO 2 FOLIO No.77 ACTA N° 260 DE SUSTENTACION DE TESIS SIN  
CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

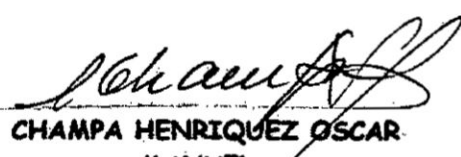
El día Seis de julio del Dos Mil Dieciséis, siendo las 11:30 horas, se reunió el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS de la Facultad de Ingeniería Química, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. CHAMPA HENRIQUEZ OSCAR MANUEL	: Presidente
Ing. HUMANI TAPE GUMERCINDO	: Secretario
Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL	:Vocal
Ing. AVALOS JACOBO VICTOR HUGO	:Asesor

con el fin de dar inicio al acto de sustentación de tesis de los Señores Bachilleres TOLENTINO PATIÑO SHIRLEY, RAMIREZ SILVA LUIS ERNESTO Y LAVADO TUEROS OSCAR PEDRO SERGIO, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustenta la tesis titulada "FORMULACIÓN DE UNA CREMA PROTECTORA SOLAR UTILIZANDO ACEITE DE CAFÉ".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó: Dar por APROBADO con el calificativo MUY BUENO a los expositores Señores Bachilleres TOLENTINO PATIÑO SHIRLEY, RAMIREZ SILVA LUIS ERNESTO Y LAVADO TUEROS OSCAR PEDRO SERGIO.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12:40 horas del día seis del mes y año en curso.

  
Ing. CHAMPA HENRIQUEZ OSCAR  
MANUEL  
Presidente

  
Ing. HUAMANI TAPE GUMERCINDO  
Secretario

  
Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL  
Vocal

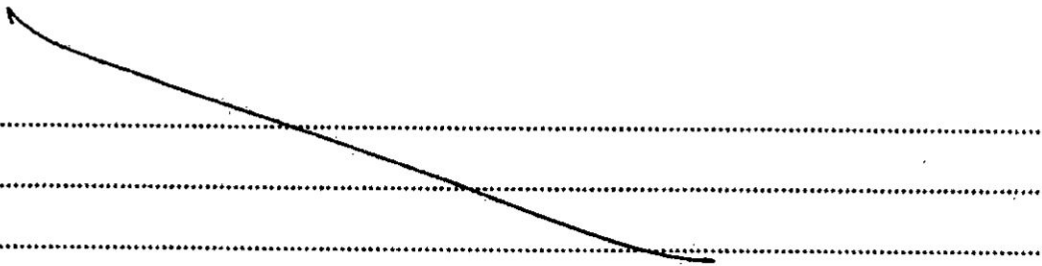
  
Ing. AVALOS JACOBO VICTOR HUGO  
Asesor

Recomendaciones de los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a la sustentantes,  
para que realicen las correcciones de la tesis antes de su aprobación.

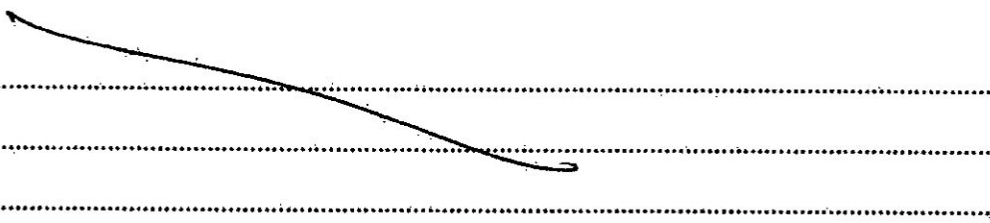
TESISTAS : Bachilleres TOLENTINO PATIÑO SHIRLEY, RAMIREZ SILVA LUIS  
ERNESTO Y LAVADO TUEROS OSCAR PEDRO SERGIO.

TITULO DE LA TESIS: "FORMULACIÓN DE UNA CREMA PROTECTORA SOLAR UTILIANDO ACEITE DE CAFE"

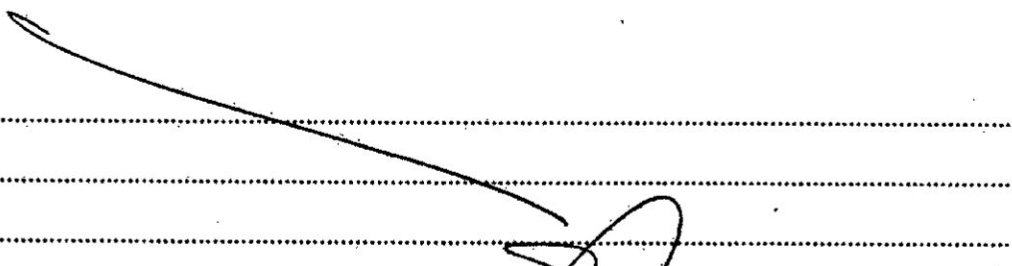
I. - PRESIDENTE:



II. - SECRETARIO:



III. - VOCAL:



  
Ing. CHAMPA HENRIQUEZ OSCAR MANUEL  
Presidente

  
Ing. HUAMANI TAPE GUMERCINDO  
Secretario

  
Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL  
Vocal