

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Investigación y desarrollo de un protector solar  
empleando como ingrediente activo los agentes  
antioxidantes en extractos de guayusa (*Ilex guayusa*  
Loes)**

**Trabajo de Investigación y Desarrollo**

**Estéfano Andrés Calderón Borja**

**Química**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Licenciado en Química

Quito, 03 de mayo del 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Investigación y desarrollo de un protector solar empleando como  
ingrediente activo los agentes antioxidantes en extractos de guayusa  
(*Ilex guayusa* Loes)**

**Estéfano Andrés Calderón Borja**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Carlos Eduardo Fabara Ordóñez,  
M.Sc.

Firma del profesor

---

Quito, 03 de mayo del 2017

## DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Estéfano Andrés Calderón Borja

Código: 00117310

Cédula de Identidad: 171590922-0

Lugar y fecha: Quito, 03 de mayo del 2017

## RESUMEN

La guayusa es una planta amazónica que posee antioxidantes como los polifenoles, los cuales han manifestado tener un efecto protector contra la radiación UV. Los espectros UV de los extractos de guayusa tanto acuosos como etanólicos han demostrado tener una buena capacidad absorbente de la radiación UV, especialmente dentro de las regiones UV-C y UV-B, pero que va decayendo a medida que se avanza dentro de la región UV-A. El protector solar elaborado que resultó tener la mayor capacidad absorbente fue el preparado con 5% de agua destilada y con extracto etanólico en su composición, es decir, la formulación que contenía mayor cantidad de extracto de guayusa y menor concentración de agua. Al comparar este protector con marcas comerciales con FPS 50 y FPS 30, resulta ser que la crema protectora de guayusa posee menor absorbancia en la mayoría de las regiones del UV; sin embargo, absorbe de manera relativamente constante dentro de las regiones UV-B y UV-A, en comparación a los demás protectores que van decayendo su absorbancia, especialmente en la región UV-A. Debido a que la mayoría de la radiación que llega a la parroquia suburbana de Cumbayá corresponde a la región UV-A, el hecho anteriormente mencionado podría resultar muy beneficioso. Adicionalmente, se deberán realizar pruebas de estabilidad y análisis clínicos de la crema protectora elaborada.

**Palabras Clave:** antioxidante, radiación ultravioleta (UV, absorbancia, espectro, extracto, factor de protección solar (FPS), protector solar.

## ABSTRACT

The guayusa is an Amazonian plant that possesses antioxidants such as polyphenols, which have been shown to have a protective effect against UV radiation. UV spectra of both aqueous and ethanolic guayusa extracts have been shown to have a good UV absorbing capacity, especially within the UV-C and UV-B regions, but it is decreasing as the region is advanced within the region UV-A. The elaborated sunscreen that proved to have the highest absorbent capacity was prepared with 5% distilled water and with ethanolic extract in its composition, that is to say, the formulation containing more guayusa extract and lower concentration of water. When comparing this protector with trademarks with SPF 50 and SPF 30, it turns out that the guayusa protective cream has lower absorbance in most UV regions; however, it absorbs relatively constantly within the UV-B and UV-A regions, compared to the other protectors whose absorbance decreases, especially in the UV-A region. Because most of the radiation that reaches the suburban parish of Cumbayá corresponds to the UV-A region, the aforementioned event could be very beneficial. In addition, stability tests and clinical analysis of the elaborate protective cream should be performed.

**Keywords:** antioxidant, ultraviolet (UV) radiation, absorbance, spectrum, extract, sun protection factor (SPF), sunscreen.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	10
1. Introducción .....	10
1.1 Antecedentes y Justificación.....	10
1.2 Objetivos .....	13
2. Marco Teórico.....	14
2.1 Radiación Ultravioleta (UV).....	14
2.2 Cáncer de Piel .....	16
2.3 Protector Solar .....	17
2.4 Factor de Protección Solar (FPS).....	17
2.5 Emulsiones .....	18
2.6 Balance Hidrofílico-Lipofílico: Índice BHL.....	19
2.7 Propiedades de los ingredientes empleados en las cremas protectoras .....	22
2.8 Propiedades de la guayusa ( <i>Ilex Guayusa</i> Loes).....	23
<b>MÉTODOS EXPERIMENTALES</b> .....	25
3.1 Preparación de extractos de los agentes antioxidantes de la guayusa mediante extracción continua.....	25
3.1.1 Reactivos.....	25
3.1.2 Aparatos .....	25
3.1.3 Procedimiento .....	25
3.2 Obtención de los espectros de absorción en la región ultravioleta de los extractos acuosos y etanólicos de guayusa .....	27
3.2.1 Reactivos.....	27
3.2.2 Aparatos .....	27
3.2.3 Procedimiento .....	28
3.3 Elaboración de la crema protectora empleando como agente activo los extractos antioxidantes de guayusa .....	28
3.3.1 Reactivos.....	28
3.3.2 Aparatos .....	28
3.3.3 Procedimiento .....	28
3.4 Obtención del espectro UV de la crema protectora preparada.....	32
3.4.1 Reactivos.....	32

3.4.2	Aparatos .....	32
3.4.3	Procedimiento .....	32
3.5	Comparación de la capacidad de absorción de las cremas elaboradas con cremas comerciales encontradas en el mercado local .....	33
3.5.1	Reactivos.....	33
3.5.2	Aparatos .....	33
3.5.3	Procedimiento .....	34
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>		<b>35</b>
4.1	Espectros UV de los extractos de guayusa acuosos y etanólicos.....	35
4.2	Espectros UV del extracto de guayusa con agua oxigenada e hipoclorito de sodio .....	36
4.3	Espectros UV de las cremas protectoras elaboradas .....	39
4.4	Presupuesto de la materia prima para la elaboración de la crema protectora.....	40
4.5	Espectros UV comparativos de la crema protectora elaborada con marcas comerciales.....	41
4.6	Espectros Solares de la Parroquia Suburbana de Cumbayá .....	42
4.7	Comparación del FPS de Otros Productos Naturales con la crema protectora elaborada.....	45
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>47</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores BHL de Algunas Materias Primas.....	20
<b>Tabla 2.</b> Valores BHL de Emulsificantes.....	21
<b>Tabla 3.</b> Formulación Propuesta para la Elaboración del Protector Solar .....	29
<b>Tabla 4.</b> Presupuesto para la elaboración del protector solar de guayusa al 5% de agua destilada para una base de 1000 g usando el extracto etanólico.....	40
<b>Tabla 5.</b> Factor de Protección Solar de Algunos Productos Naturales. ....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Penetración de los rayos UV-A y UV-B en la Piel. ....	16
<b>Figura 2.</b> Escalas del Factor de Protección Solar (FPS). ....	18
<b>Figura 3.</b> Emulsión del Tipo O/A. ....	19
<b>Figura 4.</b> Molino Thomas Scientific 3383-L10. ....	26
<b>Figura 5.</b> Extractor Soxhlet de 250 mL.....	26
<b>Figura 6.</b> Equipo de Extracción Soxhlet. ....	27
<b>Figura 7.</b> Fundición de la cera de abeja 100% pura.....	30
<b>Figura 8.</b> Calentamiento a baño María de la materia prima para la elaboración del protector solar.....	30
<b>Figura 9.</b> Agitación de componentes para la elaboración del protector solar.....	31
<b>Figura 10.</b> Protectores Solares Terminados. ....	31
<b>Figura 11.</b> Preparación de protectores solares de guayusa para su medición de la absorción UV.....	33
<b>Figura 12.</b> Espectro UV de la Dilución 1:40 del Extracto de Guayusa Acuoso y Etanólico..	35
<b>Figura 13.</b> Espectros UV del Extracto de Guayusa Etanólico a Diferentes Concentraciones de Agua Oxigenada al 6%. ....	36
<b>Figura 14.</b> Espectro UV del Extracto de Guayusa Alcohólico usando Agua Oxigenada al 6% e Hipoclorito de Sodio al 5%. ....	38
<b>Figura 15.</b> Espectros UV de los Protectores Solares de Guayusa usando Diferentes Concentraciones de Agua Destilada en la Formulación. ....	39
<b>Figura 16.</b> Espectros UV del Protector Solar Elaborado junto con Protector Solares de Diferentes Marcas Comerciales. ....	41
<b>Figura 17.</b> Espectro Solar a Diferentes Horas de la Parroquia Suburbana de Cumbayá correspondiente al día 21 de Julio del 2016.....	42
<b>Figura 18.</b> Espectro Solar a Diferentes Horas de la Parroquia Suburbana de Cumbayá correspondiente al día 01 de Agosto del 2016. ....	43

# MARCO TEÓRICO

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes y Justificación.

#### 1.1.1 Antecedentes.

Los rayos ultravioleta (UV) emitidos por el Sol hacia la Tierra son esenciales para la vida en nuestro planeta, pero en exceso los mismos pueden causar daños muy graves en la salud de la persona expuesta. Los rayos UV caen de manera perpendicular en la ciudad de Quito debido a que la ciudad se encuentra en la línea ecuatorial y a una altura cercana a los 3.000 m sobre el nivel del mar, haciendo que el riesgo a la exposición de los mismos sea mayor (Bunce, 1991).

La radiación UV-A (320 a 400 nm) es aquella que penetra en la dermis y causa lesiones poco perceptibles con consecuencias a largo plazo (como fotoenvejecimiento), mientras que la radiación UV-B (290 a 320 nm) llega solamente hasta la capa más externa de la piel (epidermis) y ocasiona problemas oculares y cutáneos instantáneos (como quemaduras). Un fotoprotector adecuado debería prevenir estos efectos y cubrir ambas porciones del espectro UV-A y UV-B; sin embargo, estudios en México (2008) han demostrado que la mayoría de protectores solares solamente protegen de la radiación UV-B, y que la protección en la región UV-A es insuficiente (Araujo y otros, 2008).

Dependiendo de la intensidad de la radiación, del tipo de piel y del tiempo de la exposición, pueden causar daños agudos o crónicos que afecten tanto a la piel como a la vista. A medida que la piel sea más clara, la posibilidad de que ocurran daños serios es mayor y la sensibilidad de la misma también aumenta. Entre los mayores riesgos y daños que pueden causar los rayos UV se encuentran el envejecimiento prematuro, problemas en la retina, quemaduras y cáncer de piel.

Estudios realizados por Sociedad Ecuatoriana para lucha contra el cáncer, Solca, (fuente 2016) muestran que se han presentado casos de cáncer de la piel en Quito, específicamente alrededor de 37 nuevos casos en hombres y 30 en mujeres por cada cien mil personas. Por otro lado, Juan Francisco Barzallo, presidente de la Sociedad Ecuatoriana de Dermatología Sede Pichincha, explica que la radiación UV es un problema para la salud en el Ecuador debido a su ubicación geográfica y puede disminuir la inmunidad y defensas de las personas, por lo que es mejor evitar la exposición directa entre las 10:00 y las 15:00, y se debe usar un protector solar con FPS al menos de 30 (Endara, 2016).

Se ha utilizado la escala propuesta por FEPSO (Fundación Ecuatoriana de la Psoriasis) para estimar el índice de radiación ultravioleta en la ciudad de Quito. La escala considera de 0 a 3 como muy bajo, de 4 a 5 como bajo, de 6 a 7 moderado, de 8 a 10 como alto, de 11 a 15 como muy alto, y de 16 o más como extremo. Los datos obtenidos en la ciudad muestran rangos que oscilan entre valores de 8 a 13, e incluso hasta valores mucho mayores donde han habido días con picos de hasta 18, lo que demuestra que la radiación UV en Quito van de rangos altos a extremos. La Organización Mundial de la Salud, en conjunto con otras instituciones, desarrolló el Índice UV (IUV) con valores menores a 2 (que significa que son valores bajos y que no se requiere protección) hasta valores mayores a 11 (que corresponden a niveles extremos); esta escala se estableció en base a la radiación UV registrada en Canadá y ante la exposición de personas de piel clara. Sin embargo, debido a que en Sudamérica los rangos suelen ser mayores a 11, el Instituto de Física de la ciudad de Rosario-Argentina (IFIR), establece un rango más alto a los establecidos por la OMS, fundamentándose en que la radiación en Latinoamérica es más intensa y que en general sus habitantes poseen un tipo de piel más oscura; esta escala establece que los rangos mayores a 15 se consideran extremos. La

Fundación Ecuatoriana de la Psoriasis (FEPSO) propone para el Ecuador usar la escala propuesto por el IFIR, modificando en un punto su valor extremo al tomar en cuenta la mayor radiación existente en la zona ecuatorial (Secretaría de Ambiente de Quito, 2016).

Para alertar a los habitantes de la ciudad de Quito, se han instalado tres “solmáforos” en tres lugares (Itchimbía, Las Cuadras y Bicentenario), estando el mismo de color verde si la intensidad radiación UV es baja, y de color rojo si la intensidad de la radiación es alta (Jácome, 2016).

Se aprecia que la exposición a la radiación UV debería ser un aspecto de preocupación en los habitantes de la ciudad de Quito y protegerse de los mismos evitando la exposición excesiva y/o haciendo uso de productos como protectores solares.

### ***1.1.2 Justificación***

Los protectores solares que se comercializan en el país han sido desarrollados por las industrias para personas que habitan en ciudades a nivel del mar y fuera de la zona tropical. Los ingredientes activos que actúan como filtros solares son capaces de absorber la radiación UV-A y UV-B y son compuestos químicos sintéticos, y por lo tanto, pueden presentar efectos secundarios en la piel de las personas como alergias dérmicas y fototoxicidad.

No existen en la actualidad protectores solares en el mercado local para individuos que habitan en zonas tropicales y en la altura.

La finalidad de esta investigación es desarrollar un protector solar a base de los componentes antioxidantes naturales presentes en la guayusa y que puedan cubrir el rango de radiación UV-A y UV-B. Los trabajos por Melo (2014) y Clairand (2015)

permitieron cuantificar y conocer la estabilidad de los extractos antioxidantes de guayusa que son empleados como bebidas energizantes.

Adicionalmente, es dar un valor agregado a la guayusa para que sea utilizada no solamente en bebidas, sino también como ingrediente activo para la elaboración de productos relacionados con la salud.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo General***

Desarrollar un protector solar que sea capaz de absorber la radiación UV-A y UV-B utilizando como ingrediente activo los agentes antioxidantes presentes tanto en los extractos acuosos como etanólicos de la guayusa.

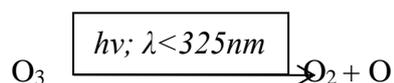
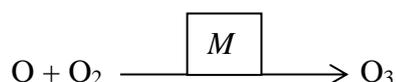
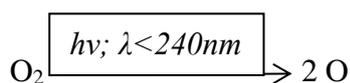
### ***1.2.2 Objetivos Específicos***

- Obtención de extractos de los agentes antioxidantes de la guayusa mediante extracción continua.
- Obtención de los espectros de absorción en la región ultravioleta de diferentes diluciones tanto acuosas como etanólicas de los extractos guayusa.
- Elaboración de una crema protectora luz UV empleando como agente activo los extractos antioxidantes de guayusa.
- Comparación de la capacidad de absorción de las cremas elaboradas con cremas comerciales encontradas en el mercado.

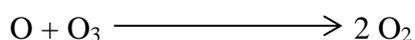
## 2. Marco Teórico

### 2.1 Radiación Ultravioleta (UV)

Bajo la influencia de la luz solar, el oxígeno ( $O_2$ ) es continuamente cambiado a ozono ( $O_3$ ), y el ozono es convertido nuevamente a oxígeno. Se estima que cada día se forma y se destruyen 350000 toneladas de ozono en la atmósfera. Lo que ciertos contaminantes del aire pueden hacer es acelerar la tasa de pérdida de ozono para que disminuya su concentración en estado estacionario. El mecanismo de Chapman explica las reacciones principales envueltas en la formación y destrucción del ozono, donde M representa cualquier átomo o molécula de fase gaseosa, que elimina el exceso de energía de la colisión de los reactivos, estabilizando así el producto de la reacción (Bunce, 1991):



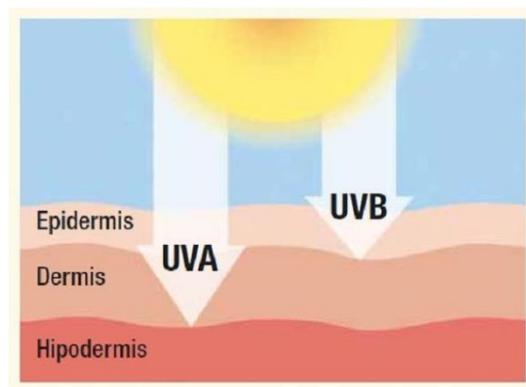
La concentración en estado estacionario del ozono que ha sido calculado ha diferido de dos a tres veces más grande del observado experimentalmente, por lo que se han establecido mecanismos adicionales de reacciones de procesos catalíticos, cada uno de los cuales es un ciclo de propagación de la reacción en cadena de un radical libre:



X representa los diferentes catalizadores en los ciclos catalíticos, los cuales pueden ser Cl, NO, OH, H, entre otros, pero en todos los casos X es una especie con número impar de electrones. Lo que hacen este tipo de reacciones es aumentar la velocidad de destrucción del ozono (Bunce, 1991).

Los rayos ultravioleta, UV, producidos por el Sol hacia la Tierra poseen tres divisiones principales: menor a 290 nm se los llama UV-C, de 290 a 320 nm la radiación es denominada UV-B, y de 320 a 400 nm se considera que la radiación es UV-A; por encima de los 400 nm ya se encuentra el espectro visible. La división entre UV-A y UV-B es prácticamente el punto de corte entre la radiación que puede o no causar una quemadura solar; por otro lado, la radiación UV-C no se encuentra naturalmente en la tropósfera. (Bunce, 1991)

La radiación UV-A es la parte menos energética de la radiación ultravioleta, produce bronceado con un mínimo eritema cutáneo y se emplea para el tratamiento de la psoriasis. La radiación UV-B no es útil para el bronceado, y es más de doscientas a dos mil veces más probable que produzca quemaduras en comparación a la radiación UV-A. La radiación UV-C es la de mayor energía en el espectro UV, posee una importante acción bactericida, no llega al nivel del mar porque se dispersa en capas superiores de la atmósfera, contribuye a la creación y mantenimiento de la capa de ozono al ionizar gases atmosféricos y sus fuentes artificiales pueden ser usadas como para la esterilización. Por su parte, las radiaciones UV-A y UV-B penetran en la tropósfera y ayudan a la síntesis de vitamina D en la piel de los mamíferos. La radiación UV-A es la de mayor penetración en la piel, la radiación UV-B es de penetración intermedia, y la radiación UV-C posee muy poca penetración (Portero, N.F.).



**Figura 1.** Penetración de los rayos UV-A y UV-B en la Piel.

Dependiendo de la intensidad de la radiación, del tipo de piel y del tiempo de la exposición, se pueden causar daños agudos o crónicos que afecten tanto a la piel como al ojo. A medida que la piel sea más clara, la posibilidad de que ocurran daños serios es mayor y la sensibilidad de la misma también aumenta. Con respecto al ojo, se puede producir conjuntivitis, daño al cristalino o alteraciones queratoideas en la córnea, absorbiendo la córnea especialmente radiación UV-B y UV-C y el cristalino la radiación UV-A. Por ello, es importante usar gafas protectoras, como de vidrio común, para evitar lesiones corneales. (Portero, N.F.)

## 2.2 Cáncer de Piel

Varios seres vivos pueden ser afectados por una alta cantidad de luz solar (como animales, plantas y microorganismos), pudiendo incluso causar hasta cáncer de piel. Este tipo de cáncer es una aflicción en general en personas de piel clara, ya que los individuos de piel más oscura poseen mayor cantidad de melanina, el cual absorbe efectivamente la radiación ultravioleta. Existen dos tipos principales de cáncer de piel: el carcinoma de células escamosas, el cual normalmente se localiza y se esparce lentamente, y hasta puede ser removido completamente; y el melanoma maligno, el cual es menos común y amenazante contra la vida de la persona, en donde se ha encontrado

una relación inversa entre este tipo de cáncer y la latitud, lo cual es razonable debido a que a bajas latitudes los rayos solares son más directos. La radiación UV-B es especialmente peligrosa porque puede ser absorbida dentro de la banda de absorción del ADN, cuya absorbancia máxima se encuentra en los 260 nm, ocasionando reacciones fotoquímicas que causan que el código genético sea mal leído al momento de la división celular. Este daño afecta el ADN de los genes que controlan el crecimiento de las células de la piel. (Bunce, 1991)

### **2.3 Protector Solar**

Un protector solar se define como una sustancia química que aplicándose a la piel produce el mismo efecto que la melanina, previniendo que la radiación alcance a las células vivas de la piel. Los protectores solares deben absorber en las regiones apropiadas del espectro, deben absorber luz sin causar reacciones fotoquímicas, y deben hacerse pruebas de su fototoxicidad. Además, para que el protector solar sea efectivo, debe absorber radiación UV; una vez que la molécula que funciona como principio activo del protector solar sea excitada, la misma debe regresar a su estado fundamental para volver a estar disponible para absorber otro fotón. Por lo tanto, se capta la energía incidente y se la transforma a otro tipo de energía con longitud de onda diferente que sea inocua para la piel, siendo emitida al final como radiación térmica. (Bunce, 1991)

### **2.4 Factor de Protección Solar (FPS)**

El factor de protección solar (FPS) es la graduación aceptada para cuantificar la eficacia de un fotoprotector. Se define como la relación entre la cantidad mínima de radiación ultravioleta requerida para producir eritema en piel cubierta con éste, y la requerida para producirse en piel desprotegida. De acuerdo a las escalas, un protector solar con FPS de

6 a 10 es de protección baja, de 15 a 25 es de protección media, de 30 a 50 es de protección alta, y mayor a 50 es de protección muy alta. (Castanedo, Torres, Araujo, Castanedo, Moncada, 2008)



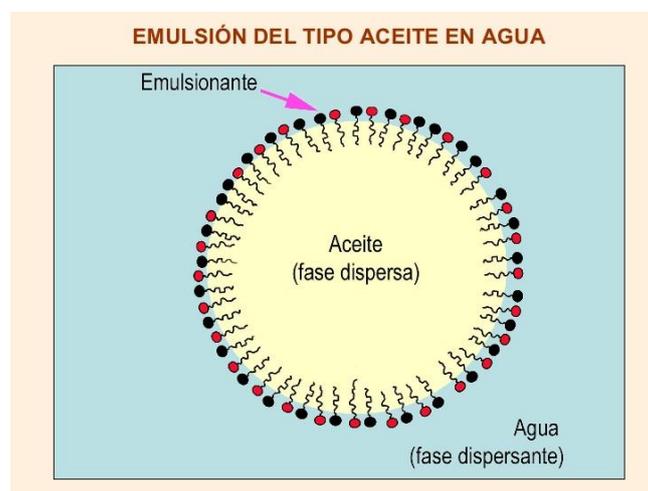
**Figura 2.** Escalas del Factor de Protección Solar (FPS).

## 2.5 Emulsiones

Una emulsión se define como la dispersión de un líquido inmisible en otro que se origina por la presencia de una sustancia que deprime la tensión interfasial mediante el aumento de la adhesión entre las dos fases. Una de estas fases se encontrará dispersa en el interior de la otra en forma de pequeñas gotas. Una emulsión posee tres elementos básicos: la fase interna (dispersa o discontinua), la fase externa (continua o medio de dispersión), y un agente emulsificante (dispersante o estabilizante). El agente emulsificante reduce la tensión superficial entre las dos fases inmiscibles debido a que en su estructura molecular posee tanto grupos hidrofílicos como lipofílicos. Un protector solar es una emulsión que posee una fase oleosa y una acuosa. (Moral, 2001)

Las fases pueden tener naturaleza hidrofílica o lipofílica, y dependiendo de la fase dominante de la emulsión se puede clasificar a las emulsiones en dos tipos principales: emulsión oleo-acuosa o aceite en agua (O/A), o emulsión acuo-oleosa o agua en aceite (A/O). Las emulsiones A/O y O/A se pueden distinguir principalmente por cuatro

métodos: la conductividad eléctrica, en donde las emulsiones O/A tendrán mayor conductividad que las emulsiones A/O debido a que la fase continua del primer tipo de emulsiones es el agua; la miscibilidad, en donde si el líquido que se usa como diluyente de la emulsión es miscible en agua entonces la emulsión es del tipo O/A, y es del tipo A/O si el líquido añadido forma una fase diferente y permanece separada de la emulsión; la coloración, si una emulsión es del tipo O/A entonces un colorante soluble en agua se disolverá en la emulsión, caso contrario la emulsión es del tipo A/O; por el tacto, la cual es una prueba cualitativa, siendo la emulsión del tipo O/A cremosa al tacto, mientras que la emulsión A/O es grasosa al tacto. (Romo, 1981).



**Figura 3.** Emulsión del Tipo O/A.

### 2.6 Balance Hidrofílico-Lipofílico: Índice BHL

El índice BHL es una expresión del equilibrio o balance hidrofílico-lipofílico, el cual se define justamente por la magnitud y potencia de los grupos lipofílicos e hidrofílicos presentes en una molécula. La escala de Griffin se basa en una escala de 0 a 20, en donde un compuesto que sea 100% hidrofílico poseerá un valor de coeficiente BHL de 20 (como el oleato de potasio) y un compuesto 100% lipofílico poseerá un valor de coeficiente BHL de 0 (como en el caso del ácido oleico). Dentro de esta escala,

entonces un agente emulsificante que tenga un coeficiente BHL igual a 15, significará que es 75% hidrofílico. Las sustancias tensioactivas (emulsificantes) con valores BHL en el rango de 2 a 7 se suelen usar para realizar emulsiones del tipo A/O, aquellas con valores de 8 a 11 se suelen usar para humectantes, y las que poseen valores entre 12 a 18 se las emplea para realizar emulsiones del tipo O/A. (Romo, 1981)

Los valores BHL en una formulación se usan de la siguiente manera: primeramente se identifican la fase acuosa y oleosa con su respectivo porcentaje, después se determina el tipo de emulsión, se determina el porcentaje de cada componente graso para calcular el índice BHL del emulsificante para estabilizar la fórmula, y se lo compara el valor BHL obtenido con el tabulado para los emulsificantes. (Moral, 2001)

Para calcular el valor BHL se hace uso de la siguiente fórmula:

$$BHL_T = \Sigma (A * BHL_P) \quad (1)$$

De la ecuación (1),  $BHL_T$  representa el valor BHL total, A simboliza el porcentaje del compuesto graso en la fase oleosa en cifras decimales, y  $BHL_P$  significa el valor BHL parcial de cada compuesto de la fase oleosa.

Moral (2001) describe la siguiente tabla que recopila algunos valores BHL de materias primas para los dos tipos de emulsiones O/A y A/O:

**Tabla 1.** Valores BHL de Algunas Materias Primas.

<b>Materia Prima</b>	<b>Valor BHL en Emulsión del Tipo O/A</b>	<b>Valor BHL en Emulsión del Tipo A/O</b>
Ácido esteárico	15	6
Alcohol cetílico	15	3
Alcohol estearílico	14	2
Lanolina anhidra	10	8
Aceite mineral	12	5

Vaselina	12	5
Cera de abejas	12	4
Parafina	11	4
Aceite de algodón	10	5
Oleato de potasio	20	-
Ácido oleico	0	-

A continuación también se muestran los emulsificantes más utilizados en la industria con sus respectivos valores BHL:

**Tabla 2.** Valores BHL de Emulsificantes.

<b>Nombre</b>	<b>BHL</b>
Goma acacia	8
Goma tragacanto	13.2
Gelatina	9.8
Metil celulosa	10.5
SPAN 20	8.6
SPAN 40	6.7
SPAN 60	4.7
SPAN 80	4.3
Tween 40	15.6
Tween 60	14.9
Tween 80	15
Trietanolamina	15.1
Myrj 100 (copo de estearato de PEG-100)	11.1

Por lo tanto, se debe usar la ecuación (1) con los valores BHL parciales de las materias primas expresados en la Tabla 1 multiplicados por su respectivo porcentaje en la fase oleosa de la formulación, y al valor calculado se lo compara con los valores tabulados de la Tabla 2, y se escoge el emulsificante con un valor BHL igual o aproximado al calculado, pues este emulsificante es justamente el que mejor estabilizará la emulsión propuesta en la formulación.

## 2.7 Propiedades de los ingredientes empleados en las cremas protectoras

- **Ácido Esteárico:** Se lo usa como base o excipiente, que sirve para mantener el protector en la piel durante más tiempo sin que se corra o se deslice. Servirá como vehículo de los principios activos, y define la consistencia que tendrá el protector solar (Monedero, 2015).
- **Metilparabeno y Propilparabeno:** Son usados como conservantes debido a sus propiedades bactericidas y fungicidas, y a diferencia de otros conservantes son solubles en medios neutros como el agua. En general son aditivos que se añaden al protector para mejorar su preservación (Monedero, 2013a).
- **Dióxido de Titanio:** Ayuda a reflejar gran parte de la radiación UV que recibe, sirve como filtro físico, es muy estable, y su capacidad para reflejar la luz no se deteriora en mucho tiempo (Monedero, 2013b).
- **Propilenglicol:** Es una sustancia humectante que puede retener y atraer el agua de un producto, además de que posee propiedades emolientes y lubricantes. Produce emulsiones estables, posee una capacidad espesante y proporciona una textura agradable (FabriQuímica, 2008).

- **Cera de Abeja:** Posee poder antibiótico y cicatrizante sobre lesiones, en especial en aquellas originadas por quemaduras. También es usada como base grasa y como espesante (Márquez, 2015).
- **Tween 80:** Es un agente emulsificante. Dentro de esta formulación se encuentran en la fase oleosa el ácido esteárico y la cera de abeja, que juntos representan el 9.1% de la formulación. De este 9.1%, el ácido esteárico representa 78.022%, y la cera de abeja representa el 21.978%. Usando los valores descritos en la Tabla 1 y el procedimiento anteriormente descrito para calcular el índice BHL, la ecuación (1) proporciona el siguiente índice BHL para esta emulsión:

$$BHL_T = \Sigma (A * BHL_P) = 15(0.78022) + 12(0.21978) = 14.34$$

Se debe escoger un agente emulsificante que posea un valor igual o similar al índice BHL encontrado. Usando la Tabla 2, se escoge el agente emulsificante Tween 80, el cual podrá estabilizar esta formulación, y además favorecerá una emulsión del tipo óleo-acuosa o de aceite en agua (O/A).

## 2.8 Propiedades de la guayusa (*Ilex Guayusa* Loes)

La guayusa es una planta amazónica perteneciente al género *Ilex*, presente principalmente en regiones tropicales y subtropicales del continente americano, y específicamente en las provincias ecuatorianas de Sucumbíos, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Tradicionalmente ha sido usada como infusión por los Achuar, pero también se la usa de forma ornamental y medicinal. A la misma se le ha conferido algunas propiedades, principalmente como energizante (posee cafeína en su composición) y antioxidante (por la presencia de polifenoles) (Radice, M. et al., 2007).

Se han realizado estudios de la capacidad antioxidante de la guayusa. En el estudio de Vinicio Melo (2014), se analizó esta capacidad usando el modelo *in vitro* del Poder Antioxidante Reductor Férrico (FRAP), concluyéndose que los extractos de guayusa poseen una alta capacidad antioxidante (similares a los del té verde), pero que sus valores pueden variar de acuerdo a factores como la edad del arbusto, la madurez de las hojas, la exposición solar, y hasta del tipo de tratamiento y tiempo de almacenamiento. (Melo, 2014)

Otros estudios han demostrado que la actividad antioxidante puede disminuir hasta un 46% con muestras expuestas a radiación solar y hasta un 31% con luz de focos ahorradores en un período de veinte y tres días. Este decrecimiento de la capacidad antioxidante muestra ser de tendencia polinómica (y no lineal) con respecto a la luz natural y la luz artificial; por otro lado, la tendencia parece ser constante para muestras que permanecieron en la oscuridad. Emplear botellas de polietileno tereftalato (PET) oscuras para el almacenamiento de la infusión de guayusa es una buena opción para poder conservar la capacidad antioxidante de la misma. (Clairand, 2015).

## **MÉTODOS EXPERIMENTALES**

### **3.1 Preparación de extractos de los agentes antioxidantes de la guayusa mediante extracción continua**

#### **3.1.1 Reactivos**

Agua destilada, volumen aproximado de 500 mL. Alcohol Potable al 96% v/v (grado USP\*), volumen aproximado de 500 mL. Hojas de guayusa frescas proveniente de la Amazonía, cantidad aproximada de 40 gramos.

\*USP United States Pharmacopeia

#### **3.1.2 Aparatos**

Balanza Sartorius CP-123S. Extractor Soxhlet de vidrio Pyrex compuesto de un refrigerante de 300 mm de longitud, con espigas para la entrada y salida del agua de enfriamiento. El extractor tiene una capacidad de 250 mL con sifón exterior, diámetro del extractor es de 25 mm y longitud de 300 mm. El matraz recolector es de 1000 mL. Manta de calentamiento Thermo. Molino Thomas Scientific 3383-L10, tamaño del tamiz de 0.389 mm (40 mesh). Papel filtro cualitativo. Rotavapor Büchi R-114 compuesto de un refrigerante de 300 mm de longitud, con espigas para la entrada y salida del agua de enfriamiento. El matraz recolector es de 250 mL. Bomba de reflujo sumergible Neptune Hydroponics NH-800 para el agua de enfriamiento. Recipiente plástico de 5 litros para almacenar el agua de enfriamiento. Mangueras de caucho.

#### **3.1.3 Procedimiento**

Se dejan secar al ambiente a las hojas guayusa por 5 días, luego se las tritura en forma manual en pedazos pequeños para después molerla.



**Figura 4.** Molino Thomas Scientific 3383-L10.

Se pesan 40 gramos de la guayusa en polvo sobre una hoja de papel filtro, se dobla a manera de un sobre y se cierra utilizando grapas, para evitar que se derrame la guayusa en polvo. Posteriormente, se la coloca en el extractor.



**Figura 5.** Extractor Soxhlet de 250 mL.

Usando unos 500 mL de alcohol potable o agua destilada como solventes, se extrae durante 24 horas en forma continua. Cada corrida, es decir, la evaporación del solvente y la condensación hasta que se llene el condensador, dura aproximadamente unos 90

minutos. Los extractos obtenidos se concentran evaporando el solvente. Los extractos concentrados se guardan en frascos ámbar para evitar la descomposición por la luz, para que puedan ser utilizados posteriormente.



**Figura 6.** Equipo de Extracción Soxhlet.

## **3.2 Obtención de los espectros de absorción en la región ultravioleta de los extractos acuosos y etanólicos de guayusa**

### **3.2.1 Reactivos**

Agua destilada. Alcohol Potable al 96% v/v (grado USP). Extracto de guayusa acuoso o etanólico.

### **3.2.2 Aparatos**

Los espectros de absorción de los extractos de guayusa fueron medidos en un espectrofómeto UV/VIS Cecil modelo CE 2041, rango de longitud de onda 190-1000 nm, velocidad de 300 nm/min con celdas de cuarzo de 10 mm de espesor. Adicionalmente se utilizó material de vidrio Pyrex como matraces Erlenmeyer de 250

mL y pipetas graduadas de 10 mL y 25 mL. También se usa una bomba succionadora para pipetas.

### **3.2.3 Procedimiento**

Se preparan por triplicado diluciones de los extractos de guayusa en una relación de 1:40, 1:39 y 1:38 empleando agua destilada y/o etanol al 96%, respectivamente. Luego, se procede a correr los espectros de absorción UV en el rango de 200 a 400 nm empleando el espectrofómeto UV/VIS Cecil CE 2041 y las diluciones se colocan en las celdas de cuarzo de 10 mm. Se usa como blanco agua destilada o alcohol etílico al 96%, según el caso.

## **3.3 Elaboración de la crema protectora empleando como agente activo los extractos antioxidantes de guayusa**

### **3.3.1 Reactivos**

Extracto de guayusa acuoso o etanólico. Ácido esteárico (grado USP). Propilenglicol (grado USP). Tween 80 (polisorbato 80), grado alimenticio. Cera de abejas 100% pura. Metilparabeno (grado USP). Propilparabeno (grado USP). Dióxido de titanio (grado USP). Agua destilada.

### **3.3.2 Aparatos**

Batidora eléctrica de mano Betty Crocker 4 Speed Mixer, modelo BC-1202. Hornillas eléctricas Alton. Balanza Sartorius CP-123S. Ollas de acero inoxidable. Vasos de cerámica de 250 mL de capacidad.

### **3.3.3 Procedimiento**

Para la elaboración del protector solar se hace uso de la formulación propuesta (Moral, 2001), con algunas modificaciones y ajustes con respecto a los principios activos y las proporciones, en donde se cambiaron los principios activos originales de neo heliopan

AV, OS y BB, por el nuevo principio activo que corresponde al extracto de guayusa acuoso o etanólico:

**Tabla 3.** Formulación Propuesta para la Elaboración del Protector Solar

Reactivos	Cantidad [g]				
Ácido esteárico	7.10				
Propilenglicol	4.00				
Tween 80	1.70				
Cera de abeja	2.00				
Metilparabeno	0.18				
Propilparabeno	0.02				
Dióxido de titanio	5.00				
Extracto de guayusa	80.00				
Agua destilada					
	5	6	7	7.5	10

De la Tabla 3, el extracto de guayusa, tanto acuoso como etanólico, junto con el agua destilada representan el 80% de la formulación, pero de este 80% se ha ido cambiando la concentración de agua destilada en el protector solar al 5, 6, 7, 7.5 y 10%.

Para comenzar la preparación del protector solar, primero se calienta el agua en baño María a aproximadamente 75°C, y se pesan las cantidades respectivas de todos los reactivos en la balanza. Posteriormente se calienta y se funde la cera de abeja, manteniendo por 10 minutos el vaso de cerámica en baño María.



**Figura 7.** Fundición de la cera de abeja 100% pura.

A continuación, se agrega Tween 80 y se espera por 10 minutos, para luego adicionar los demás ingredientes, a los que se les calienta por alrededor de una hora en baño María.



**Figura 8.** Calentamiento a baño María de la materia prima para la elaboración del protector solar.

El proceso continúa agitándose por 10 minutos a 150 RPM (revoluciones por minuto) todos los componentes del protector solar que se encuentran a baño María.



**Figura 9.** Agitación de componentes para la elaboración del protector solar.

Posteriormente, se retira la mezcla del baño María y se continúa mezclando hasta que la emulsión se enfríe. Finalmente, se transfiere el producto final a envases de plástico para su posterior utilización.



**Figura 10.** Protectores Solares Terminados.

## **3.4 Obtención del espectro UV de la crema protectora preparada**

### **3.4.1 Reactivos**

Alcohol Potable al 96% v/v (grado USP). Agua destilada. Protectores solares preparados a base de guayusa.

### **3.4.2 Aparatos**

Los espectros de absorción de los protectores solares elaborados fueron medidos en un espectrofómetro UV/VIS Cecil modelo CE 2041 y celdas de cuarzo de 10 mm de espesor. Adicionalmente se utilizó material de vidrio Pyrex como matraces Erlenmeyer de 250 mL, vasos de precipitación de 100 mL y pipetas graduadas de 1 mL y 25 mL. Bomba succionadora para pipetas. Ultrasonido Branson 5510R-DTH, modo de operación set sonics. Balanza Sartorius CP-123S. Barra magnética.

### **3.4.3 Procedimiento**

Se pesan 0.10 gramos del protector solar, y se agregan a un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Luego, se añaden 100 mL de agua destilada al matraz Erlenmeyer y se agita por 10 minutos hasta que se observe una suspensión uniforme. Debe evitarse que existan residuos de la crema en las paredes y fondo del vaso o en la barra magnética. Posteriormente, se usa el ultrasonido por 10 minutos para disolver completamente los residuos.

A continuación, con una pipeta graduada de 1 mL se toma una alícuota de la suspensión y se la coloca en un vaso de precipitación de 100 mL. Se agrega 9 mL de alcohol absoluto al vaso de 100 mL, y luego se agita la mezcla por un minuto.

Luego, se procede a correr los espectros de absorción UV en el rango de 200 a 400 nm empleando el espectrofómetro UV/VIS Cecil CE 2041 y las diluciones se colocan en las celdas de cuarzo. Se usa como blanco alcohol etílico al 96%. Este procedimiento se realiza por triplicado para cada uno de los protectores solares elaborados.



**Figura 11.** Preparación de protectores solares de guayusa para su medición de la absorción UV.

### **3.5 Comparación de la capacidad de absorción de las cremas elaboradas con cremas comerciales encontradas en el mercado local**

#### **3.5.1 Reactivos**

Alcohol Potable al 96% v/v (grado USP). Agua destilada. Protectores solares de marcas comerciales con FPS 50 y FPS 30.

#### **3.5.2 Aparatos**

Los espectros de absorción de los protectores solares comerciales fueron medidos en un espectrofómeto UV/VIS Cecil modelo CE 2041 y celdas de cuarzo de 10 mm de espesor. Adicionalmente se utilizó material de vidrio Pyrex como matraces Erlenmeyer de 250 mL, vasos de precipitación de 100 mL y pipetas graduadas de 1 mL y 25 mL. Bomba succionadora para pipetas. Ultrasonido Branson 5510R-DTH, modo de operación set sonics. Balanza Sartorius CP-123S. Barra magnética. Microsoft Excel 2010.

### 3.5.3 Procedimiento

Se pesan 0.10 gramos del protector solar comercial, y se agregan a un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Luego se añaden 100 mL de agua destilada al matraz Erlenmeyer y se agita por 10 minutos hasta que se observe una suspensión uniforme. Debe evitarse que existan residuos de la crema en las paredes y fondo del vaso o en la barra magnética. Posteriormente, se usa el ultrasonido por 10 minutos para disolver completamente los residuos.

A continuación, con una pipeta graduada de 1 mL se toma una alícuota de la suspensión y se la coloca en un vaso de precipitación de 100 mL. Se agrega 9 mL de alcohol absoluto al vaso de 100 mL, y luego se agita la mezcla por un minuto.

Luego, se procede a correr los espectros de absorción UV en el rango de 200 a 400 nm empleando el espectrofómeto UV/VIS Cecil CE 2041, y las diluciones se colocan en las celdas de cuarzo. Se usa como blanco alcohol etílico al 96%. Este procedimiento se realiza por triplicado para cada uno de los protectores solares comerciales.

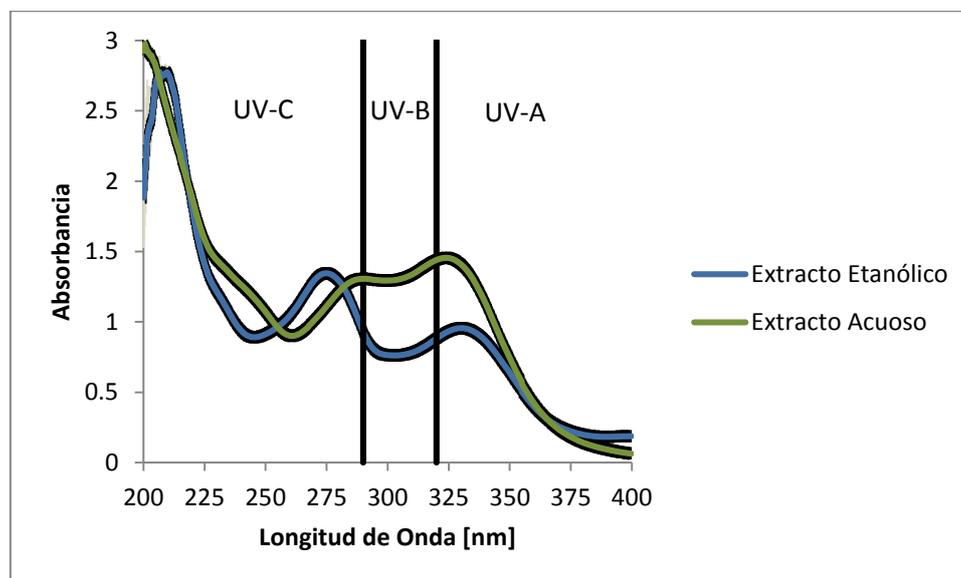
Con los datos obtenidos, se grafican los espectros UV de los protectores solares comerciales y elaborados utilizando el programa Microsoft Excel 2010. Finalmente, se realiza una gráfica comparativa de los mismos.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como todos los espectros de todas las mediciones se midieron por triplicado, las figuras que se muestran a continuación son el resultado del promedio de las tres muestras, usando la desviación estándar para graficar las barras de error tanto en los valores positivos como en los negativos de las mismas. Debido a que se tomaron promedios y desviaciones estándar en intervalos de cada 0.3 nm, las barras de error llegarán a parecer más como regiones sombreadas indicativas del error.

### 4.1 Espectros UV de los extractos de guayusa acuosos y etanólicos

A continuación se muestran los espectros UV de los extractos de guayusa tanto acuosos como etanólicos en una dilución 1:40:

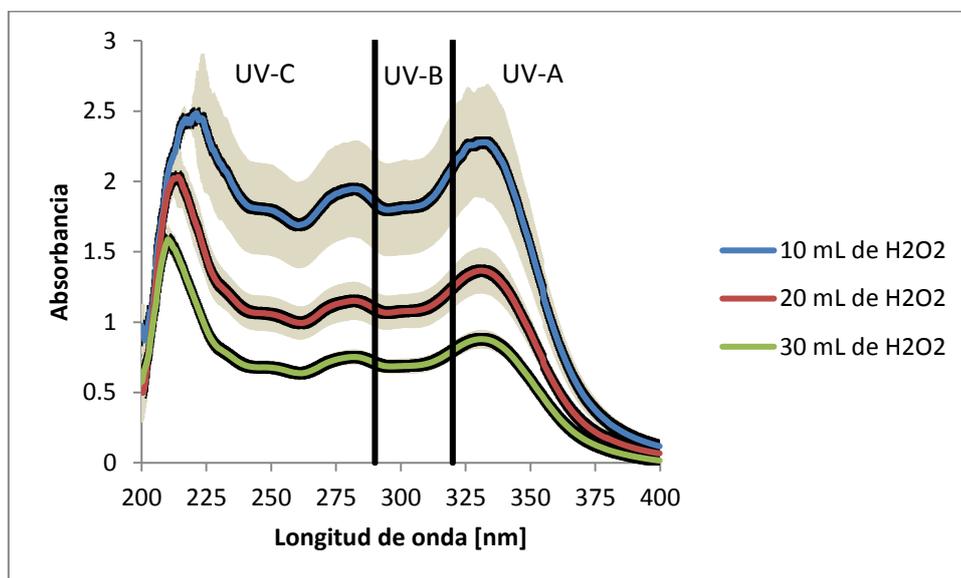


**Figura 12.** Espectro UV de la Dilución 1:40 del Extracto de Guayusa Acuoso y Etanólico.

De la Figura 12, los picos de mayor absorbancia pueden deberse a ciertos tipos de antioxidantes presente en la guayusa, como los polifenoles. De esta figura se puede decir que la guayusa posee una buena absorbancia de la radiación UV y en rangos amplios del espectro, por lo que sí es un extracto apto para la elaboración de un protector solar. Adicionalmente, la absorbancia es mayor dentro del rango UV-C, pero después va decayendo hasta tender a cero al final del espectro UV, en la región UV-A. El extracto acuoso resultó tener mayor absorbancia en la región UV-B en comparación al extracto etanólico. Las líneas negras y región sombreada de color gris alrededor de las gráficas representan las barras de error de la misma.

#### 4.2 Espectros UV del extracto de guayusa con agua oxigenada e hipoclorito de sodio

A continuación se muestran los espectros de 25 mL del extracto de guayusa etanólico agregando 10, 20 y 30 mL de agua oxigenada al 6% para aclarar la clorofila:

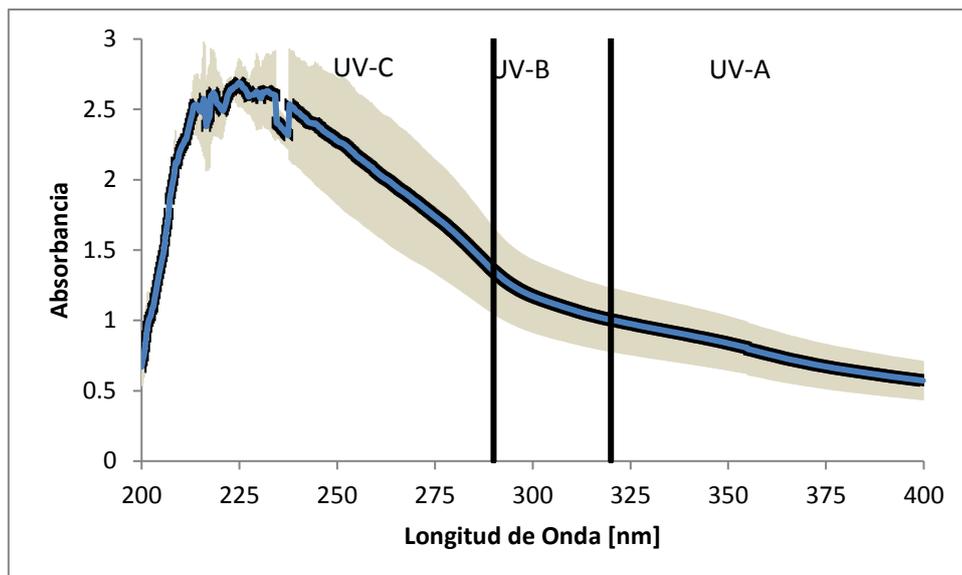


**Figura 13.** Espectros UV del Extracto de Guayusa Etanólico a Diferentes Concentraciones de Agua Oxigenada al 6%.

De la Figura 13, la región sombreada con color gris representa las barras de error de cada espectro. Se puede apreciar en la figura que a medida que se aumenta la concentración de agua oxigenada dentro del extracto, la absorbancia dentro de la región UV va disminuyendo, lo cual se explica conociendo que el agua oxigenada suele actuar como un agente oxidante, por lo que ataca a los antioxidantes de la guayusa y disminuye la absorbancia dentro de los espectros.

Al agua oxigenada se la usa mucho en la industria como blanqueador y decolorante debido a sus propiedades oxidantes. La misma puede actuar como reductor frente a oxidantes más fuertes, pero generalmente actúa como oxidante. El grupo  $-O-O-$  del peróxido de hidrógeno puede actuar como oxidante al captar dos electrones para originar oxígeno combinado  $O_2^{2-}$ , por lo que la reacción del agua oxigenada cuando actúa como agente oxidante sería en forma general la siguiente:  $O_2^{2-} + 2e^- \longrightarrow 2O^{2-}$  (Burriel, Lucena, Arribas & Hernández, 2008).

A continuación se muestra el espectro de 25 mL de extracto de guayusa etanólico con 30 mL de agua oxigenada al 6% y 50 mL de hipoclorito de sodio al 5%:, realizando una dilución 1:10 y usando alcohol potable como blanco:

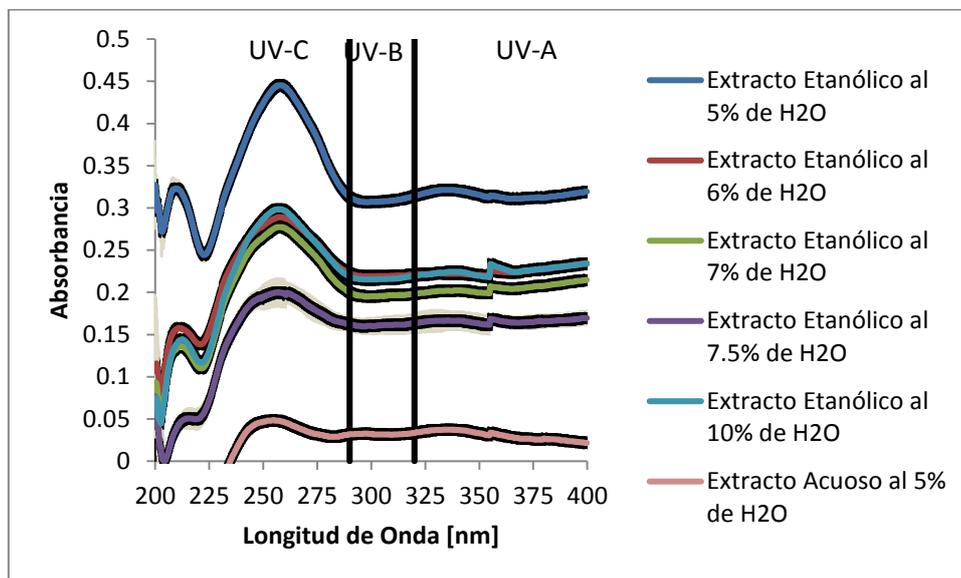


**Figura 14.** Espectro UV del Extracto de Guayusa Alcohólico usando Agua Oxigenada al 6% e Hipoclorito de Sodio al 5%.

La región gris de la Figura 14 representa las barras de error del mismo. En esta figura se puede apreciar que el agregar hipoclorito de sodio al extracto de guayusa para aclarar la clorofila disminuye drásticamente la absorbancia del extracto, especialmente dentro de las regiones UV-B y UV-A, lo cual se debe a que el hipoclorito de sodio es un oxidante aún más fuerte que el agua oxigenada, por lo que ataca a los antioxidantes del extracto. En general, los blanqueadores suelen ser agentes oxidantes, eliminando el color de varios materiales o sustancias. El agua oxigenada posee un menor poder oxidante que la lejía (hipoclorito de sodio) y es menos peligroso que el mismo, aunque su valor económico es más elevado; mientras que el hipoclorito de sodio es un oxidante fuerte y económico, pero en solución acuosa solamente es estable en medio básico, pues en un pH ácido libera cloro elemental, que puede llegar a ser muy tóxico (Hill & Kolb, 1999).

### 4.3 Espectros UV de las cremas protectoras elaboradas

A continuación se muestran los espectros UV de los protectores solares elaborados:



**Figura 15.** Espectros UV de los Protectores Solares de Guayusa usando Diferentes Concentraciones de Agua Destilada en la Formulación.

De la Figura 15, las líneas negras y región sombreada de color gris alrededor de la gráfica representan las barras de error de la misma. Dentro de esta figura se puede apreciar claramente que los protectores solares elaborados con el extracto etanólico a concentraciones de agua destilada al 6, 7 y 10% poseen absorbancias similares dentro de la región UV, mientras que el protector solar que presenta la menor absorbancia corresponde al que fue elaborado con el extracto acuoso y con una concentración de agua destilada al 5%. El protector solar que más absorbe dentro de toda la región UV es el que posee una concentración de agua destilada al 5% y que fue elaborado usando el extracto etanólico, es decir, el protector solar que posee mayor concentración de extracto de guayusa y menor concentración de agua destilada en su elaboración. En general, todos los protectores solares elaborados poseen un pico de mayor absorbancia alrededor de los 260 nm, y posteriormente su absorbancia se mantiene relativamente constante dentro de las regiones UV-B y UV-A, a diferencia de los anteriores espectros

en donde la absorbancia en la región UV-A disminuía o tendía a cero, en especial en las últimas porciones de la región UV-A.

#### **4.4 Presupuesto de la materia prima para la elaboración de la crema protectora**

Debido a que el protector solar de guayusa que resultó ser más efectivo es el que contiene 5% de agua destilada en su elaboración, se construye el siguiente presupuesto de la materia prima necesaria para elaborar 1 kg de protector solar, cuyos valores se calcularon de acuerdo a las proporciones de cada reactivo en la elaboración del protector con respecto al costo referencial de La Casa de los Químicos:

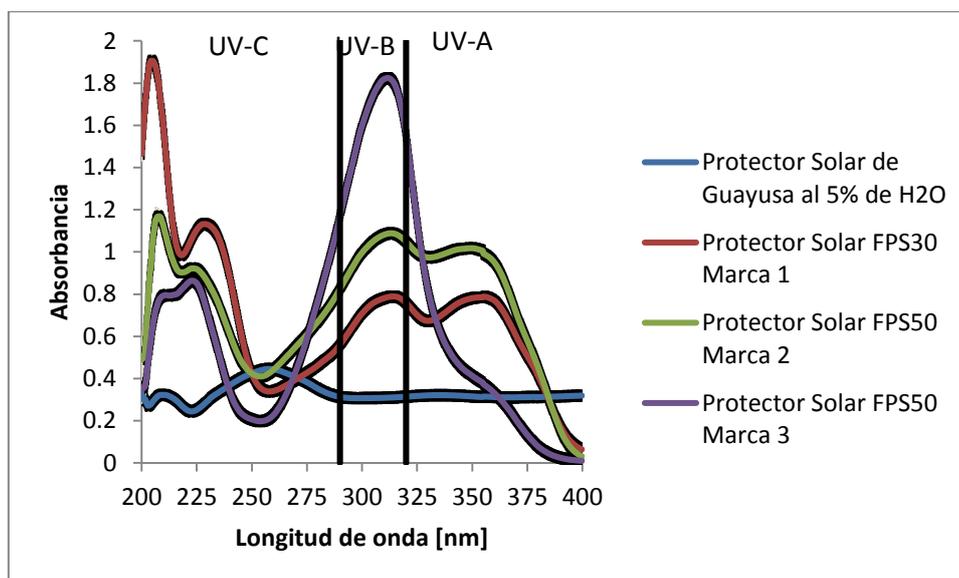
**Tabla 4.** Presupuesto para la elaboración del protector solar de guayusa al 5% de agua destilada para una base de 1000 g usando el extracto etanólico.

<b>Materia Prima</b>	<b>Cantidad [g]</b>	<b>Valor Aproximado [\$]</b>
Ácido esteárico	71	0.20
Cera de abeja	20	0.68
Tween 80	17	0.13
Propilenglicol	40	0.15
Metilparabeno	1.8	0.03
Propilparabeno	0.2	0.01
Dióxido de titanio	50	0.49
Alcohol potable	760	2.68
Guayusa	80	5.00
Agua destilada	40	0.03
	<b>TOTAL</b>	9.40

De la Tabla 4, se obtiene que el costo en la materia primera necesaria para elaborar 1 kg de protector solar será de aproximadamente \$9.40, o lo que es lo mismo, \$0.94 por cada 100 gramos de protector solar elaborado. Aunque se deben considerar muchos más gastos dentro del presupuesto total para la elaboración del protector, se podría decir que los costos en materia prima son relativamente bajos y accesibles.

#### 4.5 Espectros UV comparativos de la crema protectora elaborada con marcas comerciales

Al protector solar más efectivo, que resultó ser al 5% de agua destilada usando el extracto etanólico en su elaboración, se lo compara con protectores solares con diferentes factores de protección solar (FPS) que se encuentran dentro del mercado:



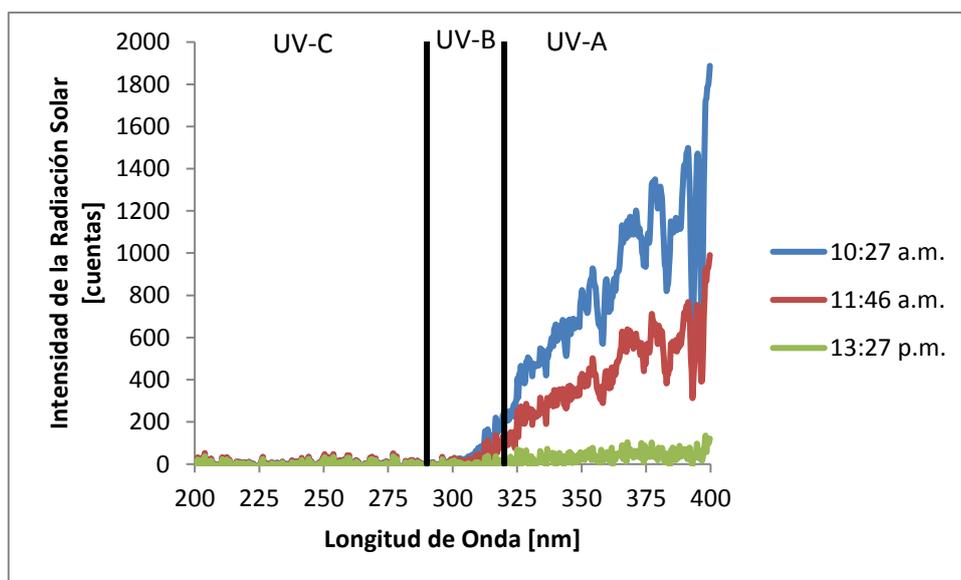
**Figura 16.** Espectros UV del Protector Solar Elaborado junto con Protector Solares de Diferentes Marcas Comerciales.

De la Figura 16, las líneas negras y región sombreada de color gris alrededor de la gráfica representan las barras de error de la misma. En esta figura se puede observar que el protector solar de guayusa absorbe menos que los demás protectores del mercado

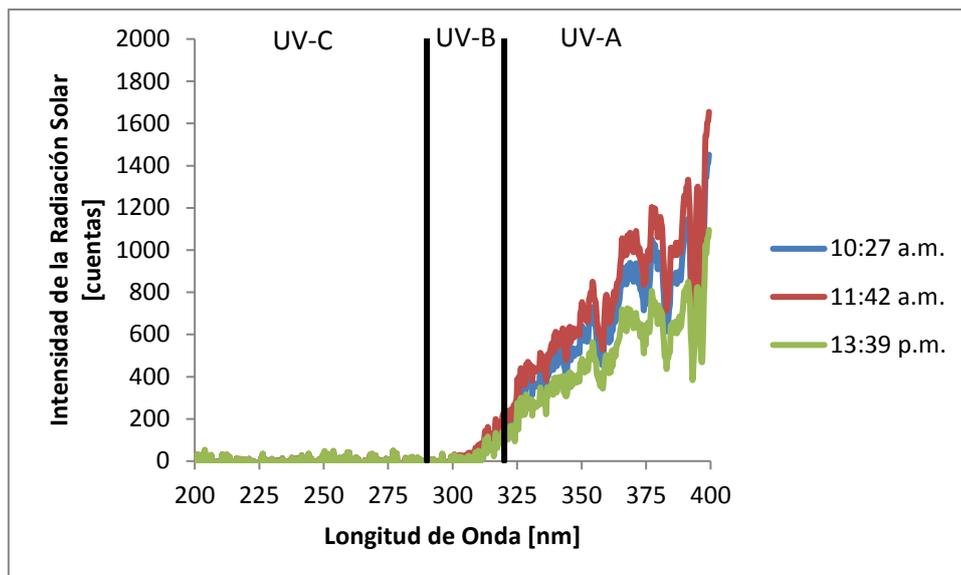
dentro la mayoría de las longitudes de onda de la región UV, aunque existen picos, como a los 260 nm o en la última porción del UV-A, donde la absorbancia del protector de guayusa supera a los de las marcas comerciales.

#### 4.6 Espectros Solares de la Parroquia Suburbana de Cumbayá

Con la ayuda del Instituto de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad San Francisco de Quito (IIA-USFQ) se obtuvieron los espectros solares de la parroquia suburbana de Cumbayá correspondientes a los días 21 de Julio y 01 de Agosto del año 2016:



**Figura 17.** Espectro Solar a Diferentes Horas de la Parroquia Suburbana de Cumbayá correspondiente al día 21 de Julio del 2016.



**Figura 18.** Espectro Solar a Diferentes Horas de la Parroquia Suburbana de Cumbayá correspondiente al día 01 de Agosto del 2016.

Los espectros solares de las Figuras 17 y 18 fueron medidos usando un piranómetro, con un filtro de densidad neutra (DN) de 4, y sacando 27000 promedios para cada medida. La intensidad de la radiación solar se mide en cuentas, que representa la cantidad de fotones de una determinada longitud de onda que alcanzan el piranómetro, en este caso, en un intervalo de tiempo de 37 milisegundos.

Como se puede apreciar en las Figuras 17 y 18, la intensidad de la radiación solar puede cambiar dependiendo de los días y la hora, pero se observa una tendencia de que la intensidad de la radiación UV-C que lleva a nosotros es prácticamente cero, y que la región UV-A es por mucho la que más llega a nosotros, llegando la región UV-B en una proporción mucho menor.

Prácticamente toda la radiación UV-C es absorbida por el ozono, el dióxido de carbono, el oxígeno y el vapor de agua al momento de atravesar la atmósfera, al igual que el aproximadamente 90% de la radiación UV-B; mientras que la atmósfera absorbe la radiación UV-A en menor medida. Por lo tanto, la radiación UV que alcanza la

superficie terrestre se compone principalmente de radiación UV-A, con una pequeña porción de rayos UV-B (Organización Mundial de la Salud, 2003).

Además, la intensidad de la radiación UV dependerá de varios factores: la altura del sol, pues mientras más alto esté en el cielo, más intensa es la radiación UV, lo cual varía según la época del año y la hora del día; la latitud, pues mientras más cerca se está del ecuador, más intensa es la radiación UV; la nubosidad, en donde la intensidad es máxima cuando no hay nubes; la altitud, en donde la intensidad de la radiación aumenta en un 10 a 12% por cada 1000 metros de incremento en la altitud; el ozono, pues absorbe parte de la radiación UV, y su concentración varía; y la reflexión por el suelo, pues diferentes tipos de suelos pueden dispersar o reflejar la radiación UV en diferente medida (Organización Mundial de la Salud, 2003).

Por lo tanto, la intensidad de la radiación solar en la parroquia suburbana de Cumbayá puede llegar a ser alta por los factores anteriormente mencionados, como la latitud, pues se está muy cerca del ecuador. Además, como la mayoría de la radiación UV que alcanza la superficie terrestre es la UV-A, entonces es muy conveniente que el protector solar de guayusa mantenga su absorbancia de manera relativamente constante dentro de esta región, a diferencia de otros protectores solares cuya absorbancia va disminuyendo a cero en estas regiones.

## 4.7 Comparación del FPS de Otros Productos Naturales con la crema protectora elaborada

A continuación se muestra el factor de protección solar (FPS) de algunos productos naturales (Le Blanc, 2014):

**Tabla 5.** Factor de Protección Solar de Algunos Productos Naturales.

<b>Producto Natural</b>	<b>FPS</b>
Aceite de sésamo	8-10
Aceite de germen de trigo	20
Aceite de aguacate	15
Manteca de karité	8-10
Aceite de coco	8-10
Aceite de soja	10
Aceite de macadamia	6
Aceite de jojoba	4

Como se muestra en la Tabla 5, muchos de los productos naturales poseen un factor de protección solar relativamente bajo, encontrándose la mayoría en un promedio de FPS 10. También existen otros productos naturales con niveles mucho más bajos de FPS, como los aceites de espino amarillo, de oliva y semillas de cáñamo. Adicionalmente, los extractos de té verde proporcionan un bajo a moderado FPS, pues contienen antioxidantes polifenoles (Le Blanc, 2014).

Aunque los análisis realizados muestran que posiblemente el protector solar de guayusa posee un factor de protección solar menor a 30, en comparación con las marcas del mercado, se deberían realizar pruebas clínicas con personas para determinar el factor de

protección solar exacto del mismo. Lo que sí se puede asegurar es que los polifenoles, productos naturales derivados de plantas y que se encuentran específicamente en la guayusa, presentan propiedades antiinflamatorias, anticarcinogénicas, inmunomoduladoras y antioxidantes, con los cuales se han hecho estudios *in vitro*, tanto con animales como en personas, que indican que los mismos tienen efecto protector y reducen los efectos adversos de la radiación UV y la respuesta inflamatoria, y disminuyen la presencia de eritemas tras la exposición solar (Arias, S. & Redondo, M., 2014).

## CONCLUSIONES

La exposición a la radiación UV debería ser un tema de preocupación en los habitantes, y cuidarse de los mismos debería ser una prioridad para evitar el exceso de los mismos, por lo que se debe hacer uso de productos como protectores solares, pues específicamente la radiación UV en Quito es muy potente.

Debido a que tanto el producto cosmético como de productos naturales está en constante crecimiento, el poder integrar ambos mercados en uno solo, como en el caso de la elaboración de un protector solar de guayusa, podría generar un producto que pueda tener acogida y además use materia prima casi exclusivamente ecuatoriana, como es el caso de la guayusa. Adicionalmente que se le daría un valor agregado a esta planta amazónica.

Al momento de realizar una emulsión, es muy importante identificar la proporción de los componentes que se van a usar con sus respectivos usos, y con ello calcular el índice BHL de la emulsión que se quiera realizar, pues servirá como indicador de cuál agente emulsificante poder usar para que la emulsión se pueda preparar de la mejor manera, además de indicar el tipo de emulsión que se va a preparar, ya sea O/A o A/O.

El espectro UV del extracto de guayusa alcohólico demuestra que la guayusa posee una buena capacidad absorbente de la radiación UV, y que existen compuestos que contribuyen a que su rango de absorbancia sea relativamente alto dentro del espectro UV, lo que puede deberse a antioxidantes como los polifenoles. Estos extractos absorben principalmente dentro de las regiones UV-C y UV-B, pero dentro de la región UV-A su capacidad absorbente de la radiación UV va disminuyendo.

El agua oxigenada disminuye la capacidad antioxidante y la absorbancia del extracto de guayusa al actuar como un agente oxidante. El hipoclorito de sodio, debido a que es un

agente oxidante aún más fuerte que el agua oxigenada, prácticamente anula la capacidad antioxidante de guayusa.

Para la elaboración del protector solar, dentro del preparado se variaron las concentraciones del extracto de guayusa y de agua destilada dentro del mismo, obteniéndose que el protector solar con menor concentración de agua destilada y mayor concentración de extracto de guayusa etanólico (al 5% de agua destilada) tuvo la mejor capacidad absorbente de la radiación UV en comparación a los demás protectores solares elaborados. Todos los protectores solares elaborados absorbían de manera relativamente constante dentro de las regiones UV-B y UV-A.

El valor de la elaboración del protector solar de guayusa al 5% de agua destilada usando extracto etanólico es de alrededor de \$0.94 centavos por cada 100 gramos elaborados, mientras que el valor comercial de muchos de los protectores solares del mercado es relativamente elevado. Cabe aclarar, que este valor solamente incluye los gastos de la materia prima; sin embargo, para realizar un análisis económico más completo se deben tomar en cuenta muchos otros factores como los servicios, instalaciones, entre otros.

En comparación a protector solares dentro del mercado con FPS de 50 o 30, la absorbancia del protector solar de guayusa al 5% resultó ser más bajo en la mayoría de la región UV. Sin embargo, se encontraron regiones, como una pequeña porción del UV-C o la última porción de la región UV-A, donde la absorbancia del protector solar de guayusa resultó mayor al de las marcas comerciales.

Los espectros solares de la parroquia suburbana de Cumbayá, muestran una gran tendencia de que la radiación en esta zona corresponde casi exclusivamente a rayos UV-A y una muy pequeña proporción a rayos UV-B, por lo que la absorbancia constante del protector solar de guayusa al 5% dentro de la región UV-A podría resultar muy beneficiosa al ser este tipo de radiación la más predominante.

Finalmente, la mayoría de los productos naturales poseen factores de protección solar relativamente bajos. Aunque cualitativamente se podría decir que el factor de protección solar del protector solar de guayusa cae por debajo del FPS 30, esto solamente se podría corroborar al realizar pruebas clínicas, preferiblemente realizadas por un dermatólogo, pues es muy diferente realizar pruebas en un laboratorio que con personas; pero lo que sí es seguro, es que los polifenoles, presentes en la guayusa, han demostrado tener efectos protectores de la radiación UV. Adicionalmente, aparte de las pruebas clínicas, se deberían realizar pruebas de estabilidad del protector solar, para verificar cómo actúa la emulsión ante condiciones extremas y observar qué tan estable es esta emulsión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, C., Castanedo, J., Castanedo, M., Moncada, B., Torres, B. (2008). *Absorción ultravioleta de los protectores solares para prescripción en México*. Potosí-México: Universidad Autónoma de San Luis. Guanajuato-México: Centro de Investigaciones en Óptica. Gaceta Médica de México, Volumen 144, Número 1. Extraído de [http://www.anmm.org.mx/GMM/2008/n1/35\\_vol\\_144\\_n1.pdf](http://www.anmm.org.mx/GMM/2008/n1/35_vol_144_n1.pdf)
- Arias, S. & Redondo, M. (2014). *Prevención. Estrategias de prevención primaria, secundaria y terciaria*. Fundación para la Formación (FFOMC). Organización Médica Colegial de España (OMC). Madrid, España. Extraído de <http://www.ffomc.org/sites/default/files/PAS%20QUERATOSIS-MONOGRAFIA.pdf#page=63>
- Bunce, N. (1991). *Environmental Chemistry*. University of Guelph. Wuerz Publishing Ltd. Winnipeg, Canadá.
- Burneo, Z. (2009). *Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de los extractos totales de doce especies vegetales nativas del sur del Ecuador: Adiantum poiretti (Culantrillo), Neanelsonia acuminata (Zanahoria blanca), Siparuna eggersii (Monte de oso), Ilex guayusa (Guayusa), Verbena litoralis (Verbena), Justicia colorata (Insulina), Oreocalix grandiflora (Cucharillo), Baccharis genistelloides (Tres filos), Artocarpus altilis (Fruto del pan), Costus comosus (Caña agria), Piper crassinervium (Guabiduca) y Croton wagneri (Mosquera)*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. Extraído de <http://documents.mx/documents/tesis-antioxidantes.html>
- Burriel, F., Lucena, F., Arribas, S. & Hernández, J. (2008). *Química Analítica Cualitativa*. Editorial Paraninfo. 18ª edición. Madrid, España. Extraído de <https://books.google.com.ec/books?id=QChYqMIUIL8C&pg=PA232&lpg=PA232&dq=agua+oxigenada+oxidante&source=bl&ots=1dd-v5qhe7&sig=NoLcrdTg1ABYyFLcQFrmkEpEl2w&hl=es&sa=X&ved=0ahUK EwjOkOTEnfrSAhVRwmMKHbYuC4U4ChDoAQg2MAY#v=onepage&q=agua%20oxigenada%20oxidante&f=false>
- Caranqui, J. & Humanante, A. (2011). *Estudio sobre la Taxonomía y Estado de Conservación de la Guayusa (Ilex guayusa Loess.) del Cantón Pastaza*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Riobamba, Ecuador. Extraído de [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/767/1/Articulo\\_Guayusa.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/767/1/Articulo_Guayusa.pdf)
- Clairand, M. (2015). *Diseño de una planta industrial para la elaboración de una infusión acuosa de guayusa, considerando la selección del envase del producto en función del efecto de la luz solar y artificial en la actividad antioxidante del extracto*. Quito, USFQ.
- Claure, V., Choque, L., Choque, M., Choque, E., Chuquimia, A., Clemente, F., Monasterios, M. (2011). *Instrucción a la población acerca de radiación*

*ultravioleta y sus riesgos*. Bolivia: Revista de Actualización Clínica, volumen 13. Extraído de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v13/v13\\_a12.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v13/v13_a12.pdf)

- Endara, V. (2016). *Protegerse del sol previene el envejecimiento*. El Telégrafo. Extraído de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/de7en7/35/protegerse-del-sol-previene-el-envejecimiento>
- FabriQuímica (2008). *Materias Primas Cosméticas*. Buenos Aires, Argentina. Extraído de [http://www.fabriquimica.com/download/catalogo\\_fabriQUIMICA\\_es.pdf](http://www.fabriquimica.com/download/catalogo_fabriQUIMICA_es.pdf)
- Fundación Chankuap (2014). *El aprovechamiento de la Guayusa*. Extraído de <http://chankuap.org/wp-content/uploads/2014/03/Manual-de-buenas-practicas-de-la-Guayusa.pdf>
- Hill, J. & Kolb, D. (1999). *Química para el nuevo milenio*. Pearson Educación. Octava Edición. México. Extraído de <https://books.google.com.ec/books?id=ZM-qMxtLABUC&pg=PA211&lpg=PA211&dq=hipoclorito+de+sodio+oxidante&source=bl&ots=18qjofiMo7&sig=qWosiJWFq9zoymYdrD8KK4VJkZ0&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj27aOLzfzSAhUH2yYKHS0MCOY4ChDoAQgaMAE#v=onepage&q=hipoclorito%20de%20sodio%20oxidante&f=false>
- Instituto de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad San Francisco de Quito (IIA-USFQ) (2006). Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.
- Jácome, E. (2016). *Los rayos UV tienen picos alarmantes en la ciudad de Quito*. El Comercio. Extraído de <http://www.elcomercio.com/actualidad/rayos-ultravioleta-quito-sol-piel.html>
- Le Blanc, J. (2014). *Aceites naturales que contienen FPS*. Traducido por María Eugenia González. Extraído de [http://www.ehowenespanol.com/aceites-naturales-contienen-fps-lista\\_75324/#pg=8](http://www.ehowenespanol.com/aceites-naturales-contienen-fps-lista_75324/#pg=8)
- Maldonado, G. (2014). *La belleza en el Ecuador se vende bien*. Ecuador: Revista Gestión, edición 233. Extraído de <http://www.revistagestion.ec/wp-content/uploads/2014/02/Edici%C3%B3n-233-Empresarial.pdf>
- Mantilla, F. (2014). *Desde Ecuador sale el 95% de la producción de guayusa del mundo*. El Telégrafo. Extraído de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/desde-ecuador-sale-el-95-de-la-produccion-de-guayusa-del-mundo>
- Márquez, R. (2015). *Aprovechamiento Tecnológico de la Cera de Abeja para la Obtención de Productos Sintéticos Orgánicos, No Tóxicos para el Ser Humano*. Universidad de Los Andes. República Bolivariana de Venezuela. Extraído de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/marquezronald/wp-content/uploads/PROYECTO-FINAL-LISTO-Laboratorio-de-Qu%C3%ADmica-Industrial2.pdf>

- Medveczky, N., Meneses, M., Ochoa, M. (2010). *Uso del protector solar y su relación con alteraciones cutáneas por exposición al sol, en estudiantes de primer año de la Escuela de Medicina de la Universidad de Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Extraído de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3446/1/MED10.pdf>
- Melo, V. (2014). *Composición y análisis químico de la especie Ilex guayusa*. Universidad San Francisco de Quito (USFQ). Quito, Ecuador.
- Monedero, M. (2013a). *Parabenos o Parabenes*. Extraído de <https://rebeautys.com/2013/03/12/parabenos-o-parabenes/>
- Monedero, M. (2013b). *Dióxido de Titanio o Titanium Dioxide*. Extraído de <https://rebeautys.com/2013/12/26/dioxido-titanio-titanium-dioxide/>
- Monedero, M. (2015). *Ácido Estearico o Stearic Acid*. Extraído de <https://rebeautys.com/2015/06/23/acido-estearico-o-stearic-acid/>
- Moral, C. (2001). *Investigación, desarrollo e introducción en el Mercado de una crema antisolar de bajo costo*. Universidad San Francisco de Quito (USFQ). Quito, Ecuador.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2003). *Índice UV Solar Mundial: Guía Práctica*. Extraído de <http://www.who.int/uv/publications/en/uvispa.pdf>
- Orozco, V. (2013). *Actividad fotoprotectora del taxo (Passiflora tripartita) y albahaca (Ocimum basilicum), en fototipos III (Homo sapiens) para la elaboración de un protector solar*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Riobamba, Ecuador. Extraído de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2564/1/56T00331.pdf>
- Pacha, A. (2012). *Comprobación del efecto adelgazante de la tintura de guayusa (Ilex guayusa) en ratones (Mus musculus) con sobrepeso inducido*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Riobamba, Ecuador. Extraído de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2596/1/56T00373.pdf>
- Pérez, L. (2013). *Aprenda a entender a su protector solar*. Extraído de <http://eldiariiony.com/2013/05/17/aprenda-a-entender-a-su-protector-solar/>
- Radice, M., & Vidari, G. (2007). *Caracterización fitoquímica de la especie Ilex guayusa Loes, y elaboración de un prototipo de fitofármaco de interés comercial*. Italia: Università degli Studi di Pavia. Extraído de <http://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/523/378>
- Romo, L. (1981). *Coloideofísica, Coloideoquímica, Fenómenos de Superficie*. Editorial Universitaria. Universidad Central del Ecuador.

Secretaría de Ambiente de Quito (2016). *Registro en línea del Índice de Radiación Ultravioleta (IUV)*. Extraído de <http://modelos.quitoambiente.gob.ec/ultravioletas/>

Tuquinga, M. (2013). *Efecto estrogénico del extracto de las hojas de guayusa (Ilex guayusa Loes) en ratas (Rattus norvegicus)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Riobamba, Ecuador. Extraído de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2573/1/56T00340.pdf>

Vargas, F., Rivas, C., Cortez, M., Zoltan, T., Izzo, C., López, V., Gómez, L., Cárdenas, Y. (2007). *Protectores solares ¿fotoestables o fototóxicos?*. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas: Caracas-Venezuela. *Dermatología Venezolana*, Vol. 45, N°3. Extraído de <http://revista.svderma.org/index.php/ojs/article/viewFile/112/112>