UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera en Biotecnología
de los Recursos Naturales

TRABAJO EXPERIMENTAL:

"EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA ACTIVIDAD FOTOPROTECTORA DE LOS EXTRACTOS ALCÓHOLICO Y GLICÓLICO DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA PARA SU USO EN LA ELABORACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR"

AUTORA:

NICOLE CATALINA QUIZHPI CUESTA

TUTORA:

BQF. SILVIA MONSERRATH TORRES SEGARRA, MGS.

CUENCA – ECUADOR

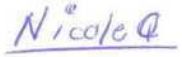
2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Nicole Catalina Quizhpi Cuesta con documento de identificación N° 0106762123, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA ACTIVIDAD FOTOPROTECTORA DE LOS EXTRACTOS ALCÓHOLICO Y GLICÓLICO DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA PARA SU USO EN LA ELABORACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR",** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2019



Nicole Catalina Quizhpi Cuesta

C.I. 0106762123

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA ACTIVIDAD FOTOPROTECTORA DE LOS EXTRACTOS ALCÓHOLICO Y GLICÓLICO DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA PARA SU USO EN LA ELABORACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR"**, realizado por Nicole Catalina Quizhpi Cuesta, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2019

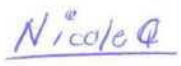
Bqf. Silvia Monserrath Torres Segarra, Mgs.

C.I. 0103597225

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Nicole Catalina Quizhpi Cuesta con documento de identificación Nº 0106762123, autora del trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA ACTIVIDAD FOTOPROTECTORA DE LOS EXTRACTOS ALCÓHOLICO Y GLICÓLICO DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA PARA SU USO EN LA ELABORACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR"**, certifico que el contenido del *Trabajo Experimental* es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, octubre de 2019



Nicole Catalina Quizhpi Cuesta

C.I. 0106762123

ÍNDICE

Índice **1**
Índice de Figuras **3**
Índice de Gráficos **4**
Índice de Tablas **4**
Índice de Anexos **5**
AGRADECIMIENTOS **6**
DEDICATORIA **7**
RESUMEN **8**
ABSTRACT **10**
CAPÍTULO 1 ..... **12**
1.1 Introducción 12
1.2 Planteamiento del problema 13
1.3 Formulación de la pregunta de investigación 15
1.4 Justificación 15
1.5 Limitación del problema 15
1.6 Objetivos 16
1.6.1 Objetivo General 16
1.6.2 Objetivos Específicos 16
1.7 Hipótesis 16
CAPÍTULO 2 ..... **17**
MARCO DE REFERENCIA **17**
2.1 Estado del arte 17
2.2 Marco Conceptual 21
2.2.1 Protector solar 21
2.2.2 Factor de protección solar -FPS-: 21
2.2.3 Compuestos fenólicos: 21
2.2.4 Flavonoides: 22
2.2.5 Antioxidante: 22
2.2.6 Actividad antioxidante: 22
2.2.7 Radicales libres: 22
2.2.8 Estrés oxidativo: 22
2.3 Bases Teóricas 23
2.3.1 Papa (*Solanum tuberosum* L.) 23

2.3.2 Papa variedad Superchola 26
2.3.3 Industrialización de la papa 26
2.3.4 Quemadura solar 27
2.3.5 Radiación solar 29
2.3.6 Cáncer de piel 31
2.3.7 Protector solar 34
2.3.8 Factor de protección solar -FPS- 36
2.3.9 Compuestos fenólicos 38
2.3.10 Agentes antioxidantes 40
2.3.11 Método de extracción con solventes 41
CAPÍTULO 3 ..... **43**
MATERIALES Y MÉTODOS **43**
3.1 Protocolo 43
3.1.1 Obtención de la materia prima 43
3.1.2 Medición del factor de protección solar *in vitro* de los extractos 46
3.1.3 Cuantificación de compuestos fenólicos totales 48
3.1.4 Determinación de la capacidad antioxidante 50
3.1.5 Evaluación de la actividad fotoprotectora de los extractos 52
3.1.6 Formulación del protector solar a base del extracto con mayor actividad fotoprotectora 52
CAPÍTULO 4 ..... **54**
RESULTADOS Y DISCUSIÓN **54**
4.1 Obtención de los extractos 54
4.1.1 Obtención del extracto etanólico 54
4.1.2 Obtención del extracto glicólico 54
4.2 Medición del factor de protección solar *in vitro* de los extractos 55
4.3 Cuantificación de compuestos fenólicos totales 58
4.4 Determinación de la capacidad antioxidante 61
4.5 Análisis estadístico 70
4.5.1 Factor de Protección Solar -FPS- 70
4.5.2 Compuestos Fenólicos 72
4.5.3 Ensayo DPPH 74
CAPÍTULO 5 ..... **78**
CONCLUSIONES **78**
RECOMENDACIONES **80**
BIBLIOGRAFÍA **81**
ANEXOS **90**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tubérculos de Superchola. 26
Figura 2. Penetración de la radiación ultravioleta en la piel 30
Figura 3. Estructura del radical DPPH. 41
Figura 4. Reacción de reducción de DPPH y un compuesto antioxidante (RH). 41
Figura 5. Recepción de la cáscara de papa variedad Superchola. 43
Figura 6. Maceración de la cáscara de papa en etanol al 96%. 44
Figura 7. Filtración al vacío del extracto alcohólico. 45
Figura 8. Recuperación del alcohol etílico mediante un rotavapor 45
Figura 9. Maceración de la cáscara de papa en glicerina. 46
Figura 10. Prueba de Shapiro-Wilks. 71
Figura 11. Prueba de Shapiro-Wilks 73
Figura 12. Prueba de Shapiro-Wilks. 76
Figura 13. Espectrofotómetro JASCO V-630. 92
Figura 14. Pesaje de 1 gramo del extracto alcohólico para la posterior dilución 92
Figura 15. Pesaje de 1 gramo del extracto glicólico para la posterior dilución. 93
Figura 16. Extracto alcohólico y glicólico aforado con agua mili-Q. 94
Figura 17. Celdas con las muestras de ácido gálico para la construcción de la curva de calibración. 94
Figura 18. Celdas con las muestras del extracto alcohólico y glicólico para su lectura 95
Figura 19. Dilución 1:10 en etanol al 96% del extracto alcohólico y glicólico. 96
Figura 20. Celdas con las muestras de ácido ascórbico puro o en polvo para la construcción de la curva de calibración. 96
Figura 21. Celdas con las muestras del extracto alcohólico para su posterior lectura. 97
Figura 22. Celdas con las muestras del extracto glicólico para su posterior lectura. 97
Figura 23. Gráfico Q-Q normal de Factor de Protección Solar para el extracto alcohólico. 98
Figura 24. Gráfico Q-Q normal de Factor de Protección Solar para el extracto glicólico. 98
Figura 25. Gráfico Q-Q normal de cuantificación de fenoles para el extracto alcohólico. 99
Figura 26. Gráfico Q-Q normal de cuantificación de fenoles para el extracto alcohólico. 99
Figura 27. Gráfico Q-Q normal de Porcentaje de Inhibición para el extracto alcohólico. 100
Figura 28. Gráfico Q-Q normal de Porcentaje de Inhibición para el extracto glicólico. 100
Figura 29. Aceite de coco. 101
Figura 30. Cera de abeja. 101
Figura 31. Manteca de cacao 102
Figura 32. Aceite de coco, cera de abeja y manteca de cacao derretidos. 102
Figura 33. Cápsulas de vitamina E 103
Figura 34. Crema de protección solar 103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Índice o Factor de Protección Solar que poseen los extractos de la cáscara de papa 57
Gráfico 2. Curva de calibración con ácido gálico. 59
Gráfico 3. Cuantificación de compuestos fenólicos presente en los extractos alcohólico y glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L. 61
Gráfico 4. Porcentaje de inhibición en el ácido ascórbico 63
Gráfico 5. Porcentaje de inhibición en la pastilla de vitamina C. 64
Gráfico 6. Porcentaje de inhibición en el extracto alcohólico de la cáscara de papa. 66
Gráfico 7. Porcentaje de inhibición en el extracto glicólico de la cáscara de papa 68
Gráfico 8. Valores de IC_{50} mediante el ensayo de DPPH. 69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la papa Solanum tuberosum L. 23
Tabla 2. Principales efectos de la radiación ultravioleta en la piel. 34
Tabla 3. Índice de Factor de Protección Solar. 36
Tabla 4. Indicaciones de la Administración de Medicamentos y Alimentos 37
Tabla 5. Porcentaje de la radiación UV producida por efecto de protectores solares con distintos números de FPS. 37
Tabla 6. Relación entre el Efecto Eritemogénico y la Intensidad de la Radiación de cada Longitud de Onda. 47
Tabla 7. Curva de calibración para fenoles totales 49
Tabla 8. Adición de Carbonato de sodio y agua mili-Q. 49
Tabla 9. Lecturas del antirradical DPPH 51
Tabla 10. Formulación del Protector Solar. 53
Tabla 11. Datos de la obtención del extracto etanólico. 54
Tabla 12. Obtención del extracto glicólico 55
Tabla 13. Resultados obtenidos en la determinación del FPS en el extracto alcohólico. 55
Tabla 14. Resultados obtenidos en la determinación del FPS en el extracto glicólico 56
Tabla 15. Curva de calibración con ácido gálico para fenoles totales. 58
Tabla 16. Fenoles totales presentes en el extracto alcohólico de la cáscara de papa. 60
Tabla 17. Fenoles totales presentes en el extracto glicólico de la cáscara de papa. 60
Tabla 18. Actividad antirradical DPPH del ácido ascórbico 62
Tabla 19. Actividad antirradical DPPH de la pastilla comercial de vitamina C. 64
Tabla 20. Actividad antirradical DPPH del extracto alcohólico con la cáscara de papa. 65
Tabla 21. Actividad antirradical DPPH del extracto glicólico con la cáscara de papa. 67
Tabla 22. Datos del FPS en el extracto alcohólico y glicólico con cáscara de papa 71
Tabla 23. Cuadro de ANOVA, FPS. 72
Tabla 24. Datos de los compuestos fenólicos presentes en los extractos alcohólico y glicólico con cáscara de papa. 73
Tabla 25. Cuadro de ANOVA, Compuestos fenólicos. 74

Tabla 26. Datos del porcentaje de inhibición en los extractos alcohólico y glicólico con cáscara de papa. 75
Tabla 27. Cuadro de ANOVA, Porcentaje de inhibición 76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. LISTA DE ABREVIATURAS 90
ANEXO 2. MEDICIÓN DEL FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR -FPS- 92
ANEXO 3. CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS 94
ANEXO 4. ENSAYO DE DPPH 96
ANEXO 5. GRÁFICOS DE NORMALIDAD 98
ANEXO 6. CREMA DE PROTECCIÓN SOLAR 101

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido llegar a culminar esta etapa universitaria y por ser el pilar fundamental en mi vida.

A mi mami por ser mi apoyo, guía y acompañante en este camino y sobre todo por ser mi consejera en cada decisión tomada.

A mi papi por motivarme a seguir adelante y ayudándome en las dificultades.

A mis hermanos Mateo y Natalia que gracias a sus conocimientos y consejos me han ayudado en mis estudios.

A mi sobrina Valentina por ser mi acompañante en mis horas de deberes y estudio.

A Fausto por sus consejos y por demostrarme que cuento con su apoyo incondicional.

A mi tutora, doctora Silvia Monserrath Torres Segarra que con sus conocimientos, experiencia y apoyo incondicional me ha permitido culminar esta etapa.

DEDICATORIA

A Dios por el infinito apoyo, bendiciones y sobre todo el amor que me ha brindado en toda mi etapa universitaria.

A mis papis que con su esfuerzo, consejos y palabras de motivación han buscado siempre mi bienestar y superación.

A mis hermanos que han sabido guiarme y sobre todo apoyarme cuando lo necesitaba.

A mi sobrina Valentina por todo el amor y las sonrisas brindadas.

A mis amigas: Liz y Paula por las buenas experiencias y los momentos compartidos dentro y fuera de la Universidad.

A mi amiga Vivi por el gran cariño, consejos y por los recuerdos que tenemos juntas.

A mi amiga Marisol por el apoyo y las buenas vibras que a pesar de la distancia que nos separa para estudiar siempre nos hemos ayudado mutuamente.

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo evaluar la actividad fotoprotectora de los extractos de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola mediante pruebas *in vitro* para su uso en la elaboración de un protector solar. La materia prima se recolectó de la microempresa de comida rápida "Picantería Kelly".

El proceso inicia con el lavado y secado de la materia prima para obtener los extractos mediante una maceración alcohólica 1:2 con etanol a 96% y una maceración con glicerina 1:2. La medición de la actividad fotoprotectora UVB de los extractos obtenidos se realizó acorde a la metodología de Mansur, en la cual se prepararon soluciones etanólicas de 96%, hasta obtener una concentración de 20 ppm; los resultados indicaron un factor de protección solar -FPS- de 4.39 para el extracto alcohólico y uno de 4.33 para el extracto glicólico. Posteriormente, la cuantificación de compuestos fenólicos se desarrolló por el método de Folin-Ciocalteu utilizando ácido gálico como estándar de referencia. Las muestras se expresaron en valores equivalentes a miligramos de ácido gálico por litro -mg de GAE/L de extracto-, de lo cual se obtuvo un valor de 37.38 en el extracto alcohólico y 4.59 en el extracto glicólico.

La comparación de la actividad antioxidante *in vitro* de los extractos se realizó mediante el método de DPPH. Los resultados muestran que el extracto alcohólico posee un valor de IC_{50} de 117.57 µg/mL con un porcentaje de inhibición de 13.98% a una concentración de 33.33 µg/mL y el extracto glicólico un IC_{50} de 504.49 µg/mL con un porcentaje de inhibición de 3.49% a una concentración de 33.33 µg/mL; al comparar los extractos con los patrones de referencia indicaron que no presentan actividad antioxidante de mayor relevancia, esto se debe a que los compuestos antioxidantes están presentes en cantidades demasiado bajas. Finalmente, un análisis estadístico -ANOVA- completamente al azar sirvió para determinar que existe una diferencia significativa entre los dos extractos. Debido a su mejor rendimiento en las pruebas

de laboratorio se empleó al extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- como insumo en la formulación del protector solar.

Palabras claves: cáscara de papa –*Solanum tuberosum* L.-, actividad fotoprotectora, factor de protección solar, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, protector solar.

ABSTRACT

The objective of the investigation is evaluating the photoprotective activity of potato peel extracts -*Solanum tuberosum* L.- "Superchola" variety through in vitro tests to use in the preparation of a sunscreen. The raw material was collected of the fast food restaurant "Picantería Kelly"

The process begins with the washing and drying of the raw material to obtain the extracts by a 1: 2 alcoholic maceration with 96% ethanol and a 1:2 glycerin maceration. The measurement of the UVB photoprotective activity of the extracts was carried out accordingly Mansur methodology in which ethanol solutions of 96% were prepared, until a concentration of 20 ppm was obtained; the results indicated a sun protection factor -SPF- of 4.39 for the alcoholic extract and of 4.33 for the glycolic extract. Then, the quantification of phenolic compounds was carried by the Folin-Ciocalteu method using gallic acid as the reference standard. The samples were expressed in values equivalent to milligrams of gallic acid per liter-mg of GAE/L of extract, from which it was obtained a value of 37.38 in the alcoholic extract and the glycolic extract of 4.59.

The comparison of the in vitro antioxidant activity of the extracts was by the DPPH method, the results show that the alcoholic extract has an IC50 value of 117.57 µg/mL with an inhibition percentage of 13.98% at a concentration of 33.33 µg/mL and glycolic extract an IC50 of 504.49 µg/mL with an inhibition percentage of 3.49% at a concentration of 33.33 µg/mL; when comparing extracts with the reference standards, they indicated that they do not present more relevant antioxidant activity, because antioxidant compounds are present in too low amounts.

Finally, a statistical analysis -ANOVA- completely randomized served to determine that there is a significant difference between the two extracts. Due to its better performance in laboratory tests, the alcoholic extract of the potato peel -Solanum tuberosum L.- is used to make of the sunscreen

Keywords: potato peel –*Solanum tuberosum* L.-, photoprotectose activity, sun protection factor, phenolic compounds, antioxidant capacity, sunscreen.

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

En el ser humano, una larga exposición a los rayos solares produce efectos negativos en la piel, ojos e incluso en el sistema inmunitario. El bronceado y a su vez las quemaduras solares son los efectos negativos más populares a causa de una prolongada exposición a la radiación solar; estos efectos a largo plazo pueden producir envejecimiento temprano de la piel (Organización Mundial de la Salud, 2003).

El daño producido por el estrés oxidativo, especialmente en la piel, origina en la actualidad una constante búsqueda de sustancias naturales antioxidantes que actúen por vía tópica como sistémica (Prudencio & Bustamente, 2018). Algunos extractos de plantas tales como el romero, la mandarina y la papa -*Solanum tuberosum* L.- cuentan con propiedades antioxidantes, los cuales son de gran interés debido a que estos al aplicarlos en una formulación fotoprotectora mejorarían el factor de protección solar de la misma. Entre estas sustancias fotoprotectoras tenemos a los compuestos fenólicos, los cuales químicamente son un grupo que posee en común un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilos y los cuales frecuentemente se encuentran como glicósidos. En general, los flavonoides pertenecientes a los polifenoles son capaces de absorber las radiaciones ultravioletas tanto la UVB como la UVA por la similitud estructural con los filtros químicos. Debido a esta capacidad son empleados en formulaciones de protectores solares sobre todo naturales; estos metabolitos antioxidantes se encuentran presentes en la mayoría de las plantas.

En los últimos años el uso de productos naturales en el mundo ha ganado mayor demanda sobre todo en la industria cosmética. Esto debido a que dichos productos son una alternativa que reducen el uso de componentes químicos en las formulaciones, resultando perjudiciales para la salud (Prudencio & Bustamente, 2018).

Los metabolitos secundarios presentes en la pulpa y cáscara de la papa -*Solanum tuberosum* L.- como alcaloides, flavonoides, polifenoles, aceites esenciales, antraquinonas y saponinas; son los responsables de otorgar a esta planta una actividad antioxidante y sobre todo fotoprotectora. Las cáscaras de este tubérculo se pueden utilizar como principio activo para la elaboración de un protector solar, además de su fácil acceso por ser una planta andina ecuatoriana (González, 2010).

1.2 Planteamiento del problema

Cada día la gente está más consciente de que la radiación es más fuerte y causa más daño, es importante indicar que a pesar de que el día se encuentre nublado existe radiación solar y los problemas de piel son más recurrentes. Los diversos cambios climáticos y el mayor número de horas frente a la exposición de radiación solar son los responsables de aspectos tan diversos como los eritemas, pitiriasis, manchas cutáneas, y por ende cáncer. Por otra parte, los efectos a la exposición de la radiación solar se usan como tratamiento de ciertas enfermedades por medio de la fototerapia (Cazorla, 2013).

El eritema solar es una respuesta inflamatoria de la piel que alcanza su intensidad máxima luego de 12 a 24 horas de la exposición solar. En casos extremos de exposición puede llegar a convertirse en una quemadura solar de primer o segundo grado superficial con formación de ampollas. Los rayos UVB son los principales responsables del eritema y la quemadura solar.

Durante los últimos 30 años el cáncer de piel ha adquirido mayor incidencia debido a que las personas no ven la necesidad de utilizar productos que las protejan de los rayos solares, ya sea por falta de costumbre o de conocimientos de los daños que provoca la exposición a las radiaciones solares, siendo la razón más relevante el posible de estos productos.

En Cuenca, el cáncer de piel representa el 57% de todos los tipos de cáncer siendo el de mayor mortalidad. Según datos estadísticos proporcionados por la Sociedad de Lucha contra

el Cáncer -SOLCA-, se establece que en los próximos años la frecuencia con la que se presentará esta enfermedad será de 13 personas en cada 100000 habitantes. Esta alarmante cifra se debe en gran medida a la ubicación geográfica de la ciudad, en la cual los rayos solares llegan tangencialmente, afectando de manera directa a la piel (El Tiempo, 2015).

El cáncer de piel afecta la capa más externa; debido a que esta se expone directamente a los rayos ultravioletas, los cuales son los causantes principales del mismo. La Organización Mundial de la Salud -OMS- estableció rangos en cuanto a la radiación ultravioleta a la cual nos sometemos los seres humanos.

1-2 UV: Radiación baja

3-4 UV: Radiación moderada

5-7 UV: Requiere protección

8-11 UV: Radiación extrema (Organización Mundial de la Salud, 2003).

Entre los desechos que se generan al procesar la papa -*Solanum tuberosum* L.- predominan las cáscaras, las cuales son el principal problema de eliminación. La extracción de compuestos a partir de este residuo sería una innovación agroindustrial para que de esta manera tenga un valor agregado el producto. Dotando de nuevas opciones factibles para el uso adecuado de residuos, recalcando además que ayudaría a reducir los niveles de contaminación (Marcial, 2013).

La elaboración de un protector solar enriquecido con los extractos de la cáscara de la papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola puede ser posible debido a que dicho residuo contiene varios antioxidantes naturales, evitando la acción nociva de los radicales libres. Estudios recientes confirman que el extracto de cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- puede

ser útil como un potente nutracéutico antioxidante, protegiendo los órganos del cuerpo contra el estrés oxidativo y reduciendo el riesgo de cáncer (Ministerio de Agricultura, 2017).

1.3 Formulación de la pregunta de investigación

¿Cuál de los solventes trabajados con los extractos de la cáscara de papa es el que posee mayor actividad fotoprotectora para su uso en la elaboración de un protector solar?

1.4 Justificación

En la actualidad, es conocido que el planeta atraviesa por una contaminación alarmante, el deterioro de la capa de ozono provoca que los rayos ultravioleta lleguen directamente a la piel de las personas. Incrementando la probabilidad de cáncer y envejecimiento prematuro por falta de cuidado de la piel, convirtiéndose en un problema de salud pública; de ahí la importancia de informar y concientizar sobre el uso adecuado de protector solar.

La posibilidad de enfrentar y a la vez prevenir los problemas de salud en la piel para que en un futuro no se origine cáncer debido a la exposición prolongada a los rayos ultravioletas; es la razón primordial por la cual se ve la necesidad de elaborar un protector solar a base de residuos orgánicos que cumpla con el objetivo cosmetológico y beneficiando de esta manera al ambiente y sobre todo al usuario al adquirir un producto seguro y eficaz.

Los polifenoles y fitonutrientes en la cáscara de la papa -*Solanum tuberosum* L.- son fuente natural de antioxidantes y protege el deterioro de las células del cuerpo por el estrés oxidativo. Estudios clínicos demuestran que este tratamiento -aplicar cáscaras de papa o en extracto- es eficaz para sanar quemaduras y evitar la pérdida superficial de la piel (Consorcio Tecnológico de la Papa, 2017).

1.5 Limitación del problema

La investigación se realiza en los Laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Los principales limitantes que se encontraron fueron el

tiempo, la falta de suministro de reactivos tales como el carbonato de sodio que es un reactivo controlado y el espacio físico en los laboratorios debido a actividades académicas que se presenten en la Universidad.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Evaluar la actividad fotoprotectora de los extractos de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- mediante pruebas *in vitro* para su uso en la elaboración de un protector solar.

1.6.2 Objetivos Específicos

Determinar el factor de protección solar presente en los extractos de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- mediante el método de Mansur para la obtención del índice de protección solar.

Cuantificar la presencia de compuestos fenólicos en los extractos de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- mediante el método de Folin-Ciocalteu para su utilización en el protector solar como captador de radicales libres.

Comparar la capacidad antioxidante que poseen los extractos de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- mediante la metodología de barrido de radicales libres 2,2- difenil- 1-picrilhidrazilo -DPPH- para generar acción contra el estrés oxidativo.

Evaluar la actividad fotoprotectora de los extractos a través de un análisis estadístico para la elaboración del protector solar.

1.7 Hipótesis

Si los extractos alcohólico y glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- poseen actividad fotoprotectora, podrían ser utilizados en la elaboración de un protector solar.

CAPÍTULO 2

MARCO DE REFERENCIA

2.1 Estado del arte

Cerón y López (2013) determinaron que los extractos de cáscara de papa –*Solanum tuberosum L.*- se extrajeron con metanol y etanol grado HPLC. Además, determinaron el contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu, la actividad antioxidante se determinó por medio de la técnica de 2,2-difenil-picrilhidrazilo -DDPH-.

Soto, Ruesta y Meregildo (2014) evaluaron la capacidad antioxidante de cuatro variedades de papa con y sin cáscara mediante la técnica 2,2-difenil-1-picril-hidrazil. Los resultados mostraron polifenoles, flavonoides, antocianinas, alcaloides, taninos y vitamina C en las cuatro variedades, pero las que mayor capacidad antioxidante presentaron fueron las que poseían cáscaras.

Rojas (2017) en su investigación logró evaluar los compuestos fenólicos tanto en la pulpa como en la cáscara mediante la metodología UPLC-MS/MS de papa nativa de Huagalina. Los resultados después de aplicar esta técnica determinaron que la mayor correlación de metabolitos secundarios se encuentra en la cáscara y no en la pulpa.

Llanos (2009) planteó como objetivo determinar la capacidad antioxidante de tres variedades de papa -*Solanum tuberosum* L.- con y sin cáscara: blanca, amarilla y rosada. Las tres variedades se mezclaron con agua destilada para obtener un extracto acuoso; utilizó el método de reducción del radical libre estable 2,2 difenil - 1 – picrilhidrazil -DPPH- para cuantificar la capacidad antioxidante de las mismas. Sus resultados evidenciaron que la papa blanca con cáscara resultó más alta, ya que inhibió en un 46% la formación de radicales libres, comparando con la papa de variedad amarilla con cáscara que obtuvo un 22% y la rosada con cáscara un 15.9%.

Weshahy & Rao (2009) en su investigación tomaron muestras de cáscara de papa cultivadas en Ontario, Canadá, los resultados expresaron que la papa es una buena fuente de varios ingredientes funcionales beneficiosos, incluidos los polifenoles antioxidantes. Las muestras de cáscara de las variedades de papas Vivaldi, Yukon Gold, Dakota Pearl, FL 1533, Siècle y Purple Majesty se extrajeron con metanol y se analizaron por su contenido polifenólico y propiedades antioxidantes utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, el poder antioxidante reductor de ion férrico –FRAP-, actividad antioxidante expresada en equivalente de trolox y actividad de eliminación de radicales libres -FRSA-.

Weshahy, Nokety, & Rao (2013) evaluaron la estabilidad de almacenamiento de los polifenoles y la actividad antioxidante en la cáscara de dos variedades de papas; Penta y Marcy, cultivadas en Ontario, Canadá. Las muestras se almacenaron a temperaturas de -20.4 y 25 °C durante ocho semanas. Los resultados expresaron que en las dos variedades se encontraron niveles de ácido clorogénico y cafeico, pero que los niveles de compuestos fenólicos en la cáscara resultaron afectados por la temperatura en la que se almacenan evidenciando una pérdida máxima a los 25 °C.

Agati, y otros (2013) discuten sobre la importancia de las principales actividades que tienen los flavonoides en la fotoprotección, enfocándose principalmente en su capacidad para eliminar especies reactivas de oxígeno, los cuales actuarían como inductores en cuanto a la radiación UV.

Arteaga, y otros (2014) evaluaron la capacidad de absorción en la zona UV de algunos extractos obtenidos a partir de algunas frutas en conjunto con algunos aceites y dióxido de titanio. El trabajo de investigación se basó en evidenciar como a través de la adición de un componente orgánico se logra mejorar la propiedad de absorción en la zona UV que posee el

dióxido de titanio anatasa. La evaluación se realizó por espectrofotometría para determinar propiedades de absorción significativas en comparación con cremas bloqueadoras comerciales.

Moya y Osorio (2017) evaluaron la actividad fotoprotectora de una formulación tópica a base de extracto hidroalcohólico del fruto de fresa. Se determinó la presencia de compuestos fenólicos mediante el método de Folin-Ciocalteu usando el ácido gálico como estándar, obteniéndose como resultado 15.50 mg GAE/g. La actividad antioxidante del extracto se realizó por el método de DPPH y se utilizó como estándar el ácido ascórbico, esto dio como resultado 81.22% de captación de radical libres para el extracto hidroalcohólico de *Fragaria vesca* L. La actividad fotoprotectora de las formulaciones elaboradas se evaluó siguiendo la metodología descrita por Mansur. El valor de factor protección solar -FPS- fue de 12, el cual evidencia la actividad fotoprotectora que presenta la fresa.

Inocente, y otros (2014) evaluaron la capacidad antioxidante y fotoprotectora de una loción y un gel elaborados con extracto estabilizado de los frutos de camu camu -*Myrciaria dubia* Kunth-. Para determinar la actividad antioxidante se utilizó el método de DPPH y ABTS. El factor de protección solar de las formulaciones se determinó con la metodología desarrollada por Mansur y se obtuvo valores de 10.897 ± 0.298 para el gel y 13.401 ± 0.319 para la loción. Por lo tanto, se demostró que los frutos de camu camu pueden ser utilizados como fotoprotectores en formulaciones cosméticas por su contenido en compuestos fenólicos y vitamina C.

Alayo, y otros (2018) desarrollaron una crema a base del extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper aduncum* -Piperaceae- y evaluaron su actividad fotoprotectora *in vitro*. Se determinó la actividad fotoprotectora de la crema por el método de Mansur y como resultado se obtuvo que dicha crema tiene un nivel de fotoprotección bajo según la clasificación de organismos internacionales.

Salas (2016) evaluó la capacidad antioxidante y factor de protección solar que presenta la cáscara de *Ananas comosus* Merrill "piña". La cáscara liofilizada se extrajo con etanol al 96%. Los compuestos fenólicos se cuantificaron por el método de Folin-Ciocalteu, y fueron expresados en equivalentes de ácido gálico -EAG-. La capacidad antioxidante se determinó por el método de DPPH. Además, se evaluó el factor de protección solar que poseen los extractos obteniéndose valores de 1.47 para piña Amarilla y 1.35 para la piña blanca.

Samillan (2018) evaluó el contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y factor de protección solar del liofilizado del extracto de cáscara de *Passiflora edulis* Sims. -maracuyá-. Los extractos en etanol al 96%, 70% y 45% de las cáscaras de maracuyá fueron liofilizados y se determinaron compuestos fenólicos totales por Folin-Ciocalteu, capacidad antioxidante por DDPH y FRAP, y Factor de Protección Solar -FPS- por un barrido espectrofotométrico de 290 a 320 nm. Así mismo, se elaboró cremas con los liofilizados de cada extracto etanólico, se evaluó su FPS y parámetros de calidad.

Cazorla (2013) se planteó comprobar la actividad fotoprotectora de la maracuyá -*P. edulis*- y del ishpingo -*O. quixos*- para elaborar un protector solar natural, así como también conocer la presencia de metabolitos secundarios presentes en el extracto alcohólico de las hojas del ishpingo -*O. quixos*- y maracuyá -*P. edulis*-. Para su potencial aplicación como fotoprotector natural, formuló el protector solar en crema utilizando los extractos de maracuyá e ishpingo, para así poder evaluar el efecto fotoprotector de los extractos en personas a través del ensayo de exposición a radiación UV.

Morales (2018) desarrolló una formulación de un protector solar a base de extracto de maíz -*Zea mays* L.- determinando su efectividad, seguridad *in vitro* y su calidad. El control de calidad del extracto etanólico de hojas de *Zea mays* se determinó a través de parámetros organolépticos,

fisicoquímicos, contenido de flavonoides y fenoles totales. Se evaluó el factor de protección solar *in vitro* mediante la aplicación de la ecuación de Mansur.

Prudencio y Bustamente (2018) se plantearon determinar la actividad fotoprotectora UVB *in vitro* en una crema de protección solar formulada con extracto hidroglicólico de *Lepidium meyenii* "maca". Evaluaron la actividad antioxidante *in vitro* del extracto mediante el método DPPH y se determinó la actividad fotoprotectora UVB *in vitro* por el método de Mansur. Por lo tanto, demostraron que el extracto de maca tiene actividad fotoprotectora, siendo una especie de interés para la fitocosmética y la fotoprotección.

2.2 Marco Conceptual

Se elabora una revisión bibliográfica de los conceptos generales en los cuales se sustenta la investigación.

2.2.1 Protector solar

Son preparados de origen químico, físico y biológico que se aplican de forma tópica y que previenen de los efectos nocivos del sol una vez aplicados sobre la piel. Mediante estos se intenta prevenir la inflamación, manchas, epiteliomas, melanomas, eritema solar y reducir el riesgo de cáncer cutáneo, prevenir el fotoenvejecimiento y reducir el riesgo de fotodermatosis y/o fotosensibilizaciones (Organización Mundial de la Salud, 2018).

2.2.2 Factor de protección solar -FPS-:

Indica el número de veces que el fotoprotector aumenta la capacidad de defensa natural de la piel frente al eritema previo a la quemadura originado por la radiación UVB (Chumbi, 2017).

2.2.3 Compuestos fenólicos:

Son moléculas que poseen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático. En conjunto con las vitaminas, los compuestos fenólicos son importantes antioxidantes. Los compuestos fenólicos juegan una serie de funciones metabólicas en las plantas como su

crecimiento y reproducción, y en la protección contra patógenos externos y el estrés; como la radiación UV y los depredadores (Peñarrieta, Tejeda, Mollinedo, Villa, & Bravo, 2014).

2.2.4 Flavonoides:

Los flavonoides, como pigmentos, son responsables de los colores vivos de muchas frutas, verduras, flores y también de los colores otoñales de las hojas. Juegan un papel importante en el metabolismo de las plantas, funcionan como reguladores del crecimiento y protección contra los rayos UV, la oxidación y el calor (Natura Foundation, 2016).

2.2.5 Antioxidante:

Es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los seres humanos (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vásquez, & Radilla, 2015).

2.2.6 Actividad antioxidante:

Es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres (Londoño, 2012).

2.2.7 Radicales libres:

Son electrones que se encuentran libres, son reactivos y pueden formar otros radicales en cadena. Presentan una vida media de algunos microsegundos, por lo que se genera una propagación rápida con moléculas cercanas y sobre todo con mayor impacto (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vásquez, & Radilla, 2015).

2.2.8 Estrés oxidativo:

Es la afección que ocurre cuando actúa un radical libre frente a las células, generando un desequilibrio en el sistema antioxidante por la proliferación de radicales libres de manera descontrolada (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vásquez, & Radilla, 2015).

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Papa -*Solanum tuberosum* L.-

Solanum tuberosum L. es una variedad de papa perteneciente a la familia de Solanaceae, es uno de los cultivos alimenticios más importantes mundialmente. Sus tubérculos son un alimento de alto valor nutricional, con poca grasa y un alto porcentaje de materia seca. Es un alimento rico en micronutrientes como vitaminas B1, B3 y B6. Aporta una cantidad moderada de hierro, el cual es absorbido con mayor facilidad gracias a su alto contenido de vitamina C (Porras & Brenes, 2015).

Tabla 1. Taxonomía de la papa -*Solanum tuberosum* L-.

Nombre científico	*Solanum tuberosum* L.
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Solanales
Orden	Magnoliopsida
Familia	Solanaceae
Género	*Solanum* L.
Especie	*tuberosum* L

Fuente: (Porras & Brenes, 2015).

2.3.1.1. Características botánicas

La planta es herbácea y su tamaño puede ser entre 0.30 a 1 m de altura y dependiendo de la variedad tiene un crecimiento recto o semirrecto (Tapia & Fries, 2007).

Los tubérculos son los órganos de reserva y varían en forma, tamaño, color de la piel y pulpa. Las yemas están en dormancia hasta que desarrollan un estolón el cual va a dar origen a una nueva planta (Tapia & Fries, 2007).

La flor tiene estambres -masculino- y pistilos -femenino-. El fruto es una baya de color verde oscuro y este va a contener las semillas (Tapia & Fries, 2007).

2.3.1.2. Composición química

La papa es un alimento muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón, así como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Además, tiene un contenido no despreciable de proteínas, presentando éstas un valor biológico relativamente alto dentro de los alimentos de origen vegetal (Villagarcía, 2016).

La papa posee un elevado contenido en carbohidratos, cuando recién es cosechada posee un 80% de agua y un 20% de materia seca; de esta materia seca entre el 60 y 80% es almidón. Además, tiene abundantes micronutrientes en el cual destaca la vitamina C, cabe destacar que posee una cantidad mínima de hierro. Este tubérculo además aporta vitaminas como la B1, B3 y B6 (FAO, 2008).

También contiene importantes antioxidantes los cuales contribuyen a prevenir enfermedades que se encuentran relacionadas con el envejecimiento. Además, la fibra que posee es importante para conservar un buen estado anímico y de salud (FAO, 2008).

- **Fenoles**

Los polifenoles son importantes antioxidantes en nuestra dieta y la papa es una buena fuente de ellos. Estudios han revelado que las papas son consideradas la tercera fuente de fenoles después de manzanas y naranjas. Estos compuestos están presentes tanto en la piel como en la pulpa (Muñoz, 2014).

La papa presenta fenoles que afectan al ennegrecimiento de esta y causan un deterioro; tanto en el almacenamiento como en el procesamiento. Por otro lado, estos fenoles benefician a la

salud debido a que tienen una actividad antioxidante alta sobre todo la que está presente en la cáscara. El ácido clorogénico es considerado una sustancia la cual inhibe algunos procesos relacionados con los inicios del cáncer. Finalmente, se ha demostrado que los fenoles reducen los niveles de glucosa presentes en la sangre (Llanos, 2009).

- **Flavonoides**

Son otros compuestos con actividad antioxidante. La papa no contiene tantos flavonoides si se le compara con otros alimentos, pero su alto consumo hace que sea una buena fuente de ellos. Al igual que lo que sucede con los fenoles, las papas de pulpas rojas o púrpura contienen más concentración de flavonoides (Muñoz, 2014).

- **Carotenoides**

Los más abundantes son violaxantina, anteraxantina y luteína. Los carotenoides son antioxidantes que activan el sistema inmunológico, protegen a la piel ante la luz ultravioleta, promueven la comunicación intercelular, aumentan la agudeza mental, reducen los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares y sobre todo reducen los riesgos de cáncer (Muñoz, 2014).

- **Minerales**

En la cáscara se encuentra diversas sustancias inorgánicas, predominando el potasio, además posee cantidades de fósforo, cloro, magnesio, azufre y hierro de manera moderada. Dichas sustancias estimulan la producción de colágeno y elastina, que proporcionan una piel tonificada y joven (CONPAPA, 2017).

2.3.2 Papa variedad Superchola

Figura 1. Tubérculos de Superchola.

Fuente: (Andrade & Torres, 2017).

Es una papa adecuada para consumirse fresca sobre todo en sopas y puré. Al ya ser procesada se la utiliza para papa frita en forma de hojuelas y de tipo francesa. Los tubérculos de la variedad Superchola son medianos, con una forma elíptica u ovalada. La cáscara es rosada y lisa y la pulpa es de color amarilla pálida (Andrade & Torres, 2017).

Características morfológicas

- Es una planta con un crecimiento recto y tiene tallos verdes con pigmentación morada.
- Follaje frondoso.
- Hojas de color verde. Tienen tres pares de foliolos primarios, tres pares de foliolos secundarios y cinco pares de foliolos terciarios.
- Las flores se presentan de color morado.
- El tiempo de reposo o dormancia de los tubérculos es de 80 días (Andrade & Torres, 2017).

2.3.3 Industrialización de la papa

La papa tiene una amplia gama de aplicaciones tanto industriales como domésticas, se puede guisar, sancochar, asar, saltear o freír. Existen varios productos derivados como almidones y

harinas. El almidón de papa se extrae comercialmente en Estados Unidos de América y en Europa, siendo Holanda el productor más importante (Llanos, 2009).

La industrialización de la papa en el Ecuador se ha desarrollado en el ámbito de la producción de hojuelas o chips, tanto a nivel de grandes industrias como de las artesanales. Las grandes empresas funcionan con capital transnacional, ofertando al mercado productos amparados con una marca, sin embargo, estos productos compiten con la producción informal de hojuelas de papa, que por su naturaleza mantiene precios menores. Las variedades más demandadas para este fin son: Frypapa, Capiro, Superchola, María, Santa Catalina (Mancero, 2007).

En Azuay existen 1300 hectáreas de papa y dentro de esta jurisdicción, se destacan como productores del tubérculo los cantones Paute, Guachapala, Nabón, Pucará y Santa Isabel. También las variedades han tenido cambios. Hasta el 2008, estaban a la par, las especies nativas como Bolona, Jubaleña, Suscaleña, Esperanza, Soledad, con aquellas mejoradas.

A partir del 2009 ha predominado la variedad Superchola, por su alta demanda en el mercado. Su precio actual es de 25 dólares el saco de 130 libras (El Mercurio, 2012).

2.3.4 Quemadura solar

Es una reacción aguda provocada por la luz solar en la piel, se denomina dermatitis solaris o solar. La afección se genera en los queratinocitos, es una lesión frecuente que a su vez depende del tipo de piel y de las influencias ambientales como estación del año y sobre todo el tiempo de exposición a la radiación solar (Zaragozano, Bueno, & Moreno, 2016).

2.3.4.1. Factores que aumentan el riesgo de las quemaduras de sol

Las quemaduras solares ocurren con mayor facilidad en personas cuya piel se caracteriza por ser más clara, también son más propensas las personas que tienen pecas o cabello rojizo. Las personas que tienen un tono de piel más oscura y en las personas cuya piel se broncea

también suelen ocurrir las quemaduras por parte de la radiación solar, pero en menos intensidad. Las quemaduras solares que más daño generan son aquellas que ocurren cuando la persona está expuesta a la radiación solar entre las 10 de la mañana hasta las 4 de la tarde.

Los niños son más vulnerables a estas quemaduras debido a que permanecen más tiempo en el exterior, y a su vez por poseer la piel muy delicada.

2.3.4.2. Mecanismo patogénico

La quemadura va a depender de la intensidad de la luz solar o de una fuente de luz que contenga radiación ultravioleta B, también de la duración de la exposición y del grosor de la capa de la piel (Zaragozano, Bueno, & Moreno, 2016).

2.3.4.3. Tipos de quemaduras

Quemaduras solares de primer grado: estas quemaduras se limitan a la capa superficial de la piel.

Características:

- Eritema
- Dolor al tacto

Quemaduras solares de segundo grado: estas quemaduras afectan las dos primeras capas de la piel.

Características:

- Eritema intenso de la piel
- Dolor
- Ampollas
- Apariencia lustrosa por el trasudado

- Posible pérdida de la epidermis
- Sensibilidad al aire o contacto con cualquier objeto (Acuña & Chichay, 2009).

2.3.4.4. Prevención de las quemaduras solares

- Evitar exponerse al sol entre las 12 a 16 horas
- Usar gafas y vestimenta apropiada
- Aplicar fotoprotectores solares, incluso en días nublados
- Broncearse de manera gradual
- Tener cuidado con las superficies reflectoras (Roca, s.f.).

2.3.5 Radiación solar

Son ondas electromagnéticas emitidas por el sol, las cuales producen diversas reacciones fotobiológicas. De estas ondas los rayos ultravioletas constituyen aproximadamente un 10%, mientras que la luz visible un 50% y la infrarroja un 40%; según la latitud, la posición del sol, la hora del día y nubosidad dichos porcentajes pueden variar (Zaragozano, Bueno, & Moreno, 2016).

2.3.5.1. Tipos de radiación solar

Radiación UVC

Su longitud de onda es de 200-280 nm. La que el sol produce es absorbida por la atmósfera, y la que se produce de manera artificial es emitida por medio de lámparas. Esta radiación provoca eritemas y permite un bronceado mínimo en la piel; la desventaja es que irrita la conjuntiva y la córnea por lo que se recomienda el uso de gafas (Zaragozano, Bueno, & Moreno, 2016).

Radiación UVB

Su longitud de onda es de 280-320 nm, esta también irrita la conjuntiva y la córnea, pero en menor medida que la radiación UVC. Sus efectos biológicos son el eritema -quemadura solar- la cual aparece entre las 12 a 24 horas después de la exposición, el bronceado aparece entre las 48 a 72 horas. Entre los efectos tenemos el daño crónico de la piel, esto debido a los cambios que se producen a nivel de ADN, ARN, proteínas y membranas celulares, efectos relacionados con mecanismos carcinogénicos. Si la dosis de radiación es mayor a las dosis mínima de eritema -DME- se producen alteraciones fototóxicas en los queratinocitos de la epidermis (Zaragozano, Bueno, & Moreno, 2016).

Radiación UVA

Su longitud de onda es de 320-400 nm. Sus efectos se incrementarían si se la asocia con la radiación UVB. La radiación UVA se la puede producir artificialmente, mediante lámparas fluorescentes, esto siempre con fines diagnósticos y terapéuticos. Si la exposición no es prolongada no irrita la conjuntiva (Zaragozano, Bueno, & Moreno, 2016).

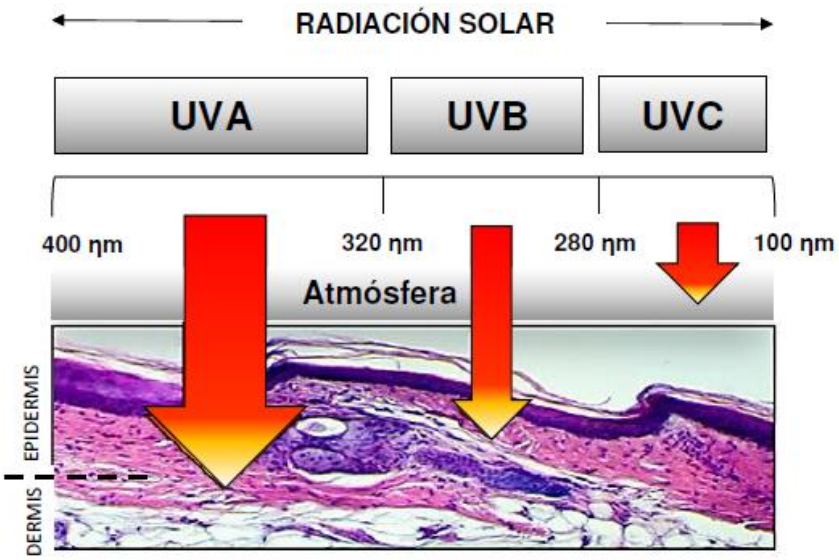


Figura 2. Penetración de la radiación ultravioleta en la piel

Fuente: (Prudencio & Bustamente, 2018).

2.3.6 Cáncer de piel

El cáncer de piel es una enfermedad producida por el desarrollo de células cancerosas en cualquiera de las capas de la piel. El principal factor de riesgo para desarrollar un cáncer de piel son los llamados rayos ultravioleta procedentes de la luz solar, que producen mutaciones en el ADN de las células que se acumulan durante años, el cáncer de piel es el más frecuente en la población de piel blanca (Cazorla, 2013).

Es una afección por la que se forman células malignas (cancerosas) en los tejidos de la piel. El cáncer de piel se puede presentar en cualquier parte del cuerpo, pero es más común en la piel expuesta frecuentemente a la luz solar, como: cara, cuello, manos y brazos (Lazo, 2013).

2.3.6.1. Tipos de cáncer de piel

- **Carcinoma basocelular**

El carcinoma basocelular -CBC- es la variante más frecuente de cáncer de piel. Como su nombre lo indica, tiene su origen en la capa basal de la epidermis y sus apéndices. Se caracteriza por tener un crecimiento lento, ser localmente invasivo-destructivo y presentar un bajo potencial metastásico. La exposición a la radiación ultravioleta es el factor más importante para desarrollar este tipo de cáncer (Castañeda & Eljure, 2016).

- **Carcinoma epidermoide o espinocelular**

La exposición prolongada a la radiación UV es el factor principal para que se desarrolle el carcinoma epidermoide. Por lo tanto, esta radiación es capaz de inducir daños al ADN porque modifica la respuesta inmunológica de la piel, volviéndola mucho más susceptible para la formación de tumores (Castañeda & Eljure, 2016).

- **Melanoma**

Es el cáncer cutáneo más peligroso, tiene su origen en los melanocitos -células productoras de pigmento- y se ubican en diferentes partes del cuerpo. El incremento en la exposición a la luz UV en una población genéticamente predispuesta parece ser la responsable del incremento en la incidencia y mortalidad del melanoma en las últimas décadas (Castañeda & Eljure, 2016).

2.3.6.2. Factores de riesgo

- Antecedentes familiares de cáncer de piel
- Exposición prolongada a la radiación solar
- Piel que fácilmente se quema, enrojece o le salen pecas o que bajo el sol se siente adolorida
- Ojos azules o verdes y cabello rubio o pelirrojo
- Presencia de numerosos lunares (Lazo, 2013).

2.3.6.3. Signos que indican la existencia de un cáncer de piel

Se relaciona con la presencia de lunares que presentan las siguientes características:

- Apariencia irregular
- Asimétricos
- Aquellos que cambian con el tiempo con respecto al color, tamaño o se elevan bruscamente
- Cuando existe comezón, duelen o sangran de manera constante
- Presencia de nuevos lunares o manchas
- Presencia de costras porque la lesión no cicatriza bien (Lazo, 2013).

2.3.6.4. Cáncer de piel en el Ecuador

La posición geográfica del Ecuador hace que los rayos solares caigan de manera perpendicular en todo el año. La causa principal de que el cáncer de piel aumente en el mundo se debe a la excesiva exposición solar, de acuerdo con estudios la cantidad de radiación solar a la que una persona se expone entre los 6 a 19 años incide de manera drástica como un factor para que se genera algún tipo de cáncer de piel. En el Ecuador cada vez son mayores los casos registrados de esta afección en diferentes rangos de edades y en diferentes regiones (Andrade & Aráuz, 2014).

2.3.6.5. Cáncer de piel en Cuenca

Según la Sociedad de Lucha contra el Cáncer -SOLCA- las morfologías predominantes son el carcinoma de células basales, el carcinoma de células escamosas y los melanomas. El cáncer de piel no melanoma es el de mayor incidencia. Sin embargo, no reviste la gravedad que conlleva el melanoma y los tumores localizados en otros órganos del cuerpo humano. El promedio de edad de aparición del melanoma es más temprana en los hombres. El cáncer de piel se incrementa con la edad, similar a lo que sucede en la mayoría de otros tumores malignos. El melanoma tiende a presentarse más temprano comparado con otros tipos de tumores.

Existen algunos efectos agudos y crónicos en la piel provocados por la exposición a la radiación ultravioleta. En la Tabla 2 se enlistan algunos de ellos.

Tabla 2. Principales efectos de la radiación ultravioleta en la piel.

AGUDOS		CRÓNICOS
MOLECULAR/CELULAR	**CLÍNICOS**	
Fotodaño del ADN y mutación en su reparación	Eritema	Cáncer de piel
Especies reactivas de oxígeno	Bronceado	Fotoenvejecimiento
Expresión de genes y proteínas	Supresión de la inmunidad adquirida.	
Melanogénesis	Mejora de la inmunidad innata.	
Apoptosis	Reducción de la presión sanguínea vía óxido nítrico	
Depleción de las células de Langerhans		
Síntesis de vitamina D		
Liberación de óxido nitroso		

Fuente: (Young, Claveau, & Rossi, 2016).

2.3.7 Protector solar

La Comisión Europea define como producto de protección solar cualquier preparado como: crema, aceite, gel o aerosol de aplicación sobre la piel humana con la finalidad exclusiva o principal de protegerla de la radiación UV; absorbiéndola, dispersándola o reflejándola. Inicialmente, el protector solar se usó para contrarrestar los efectos agudos de la radiación ultravioleta. En Estados Unidos, los filtros solares se consideran fármacos y son vigilados por la Food and Drug Administration -FDA-. Mientras que, en Europa, siguen las normas vigentes

para los fármacos y cosméticos regulados por la Asociación Europea de Cosméticos, Productos de Tocador y Perfumería -COLIPA- (Cazorla, 2013).

2.3.7.1. Filtros solares

Los filtros solares son preparados que se aplican en la piel con la finalidad de reducir los efectos de la radiación solar. Estos filtros pueden actuar de dos maneras; desviando o reflejando la radiación o absorbiéndola.

Filtros químicos

Son moléculas que van a absorber los fotones de la radiación solar y van a alterar la estructura molecular. Cada molécula presenta un espectro de absorción óptimo que permite clasificarla en filtro UVA o filtro UVB. Los cambios que pueden darse en la estructura molecular también pueden afectar a la estructura química. Estos filtros son los más difundidos en el mercado y los cosmetológicamente más aceptados, esto debido a que son transparentes, no manchan la ropa y necesitan una capa de aplicación de menor grosor. Las sustancias más empleadas como filtros UVB son: ácido para-aminobenzoico, salicilatos, ácido cinámico, alcanfor y bencimidazoles. Por otro lado, las benzofenonas, antranilatos y dibenzoilmetanos, se emplean como filtros UVA (Duro, Campillos, & Causín, 2003).

Filtros físicos

Estos filtros actúan reflejando o desviando la radiación solar. El espectro de actuación es mucho más amplio por lo que brinda protección contra los rayos UVA, UVB, luz visible e infrarroja. Los filtros físicos son menos difundidos en el mercado debido a que requieren una capa de aplicación gruesa y pueden manchar la ropa, siendo su principal ventaja que no originan reacciones alérgicas o irritantes. Las sustancias más empleadas son el dióxido de titanio y el óxido de zinc. Entre las sustancias menos comunes están el carbonato de calcio y magnesio, el óxido de magnesio y cloruro de hierro (Duro, Campillos, & Causín, 2003).

Filtros biológicos

Son antioxidantes que evitan que se formen los radicales libres y por lo tanto van a potenciar al subsistema inmunológico cutáneo. Se emplean con mayor profusión, y las vitaminas A (betacarotenos), C y E son las más utilizadas. Estudios recientes han demostrado que estas vitaminas aplicadas por vía tópica tienen propiedades antirradicalares y actúan contra el envejecimiento cutáneo y los cánceres de piel fotoinducidos, que por lo general son una consecuencia de una prolongada exposición solar (Marín & Del Pozo, 2005).

2.3.8 Factor de protección solar -FPS-

El factor de protección solar -FPS- o índice de protección -IP-, indica el número de veces que el fotoprotector aumenta la capacidad de defensa natural de la piel frente al eritema o enrojecimiento previo a la quemadura, por lo brinda información acerca del grado de protección frente a la radiación UVB.

Las tendencias actuales acerca del grado de protección solar utilizan el método COLIPA, clasificando a los productos en varios tipos o categorías en función del factor de protección solar -FPS- como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Índice de Factor de Protección Solar.

TIPO DE FOTOPROTECTOR	FPS
Bajo	2-4-6
Medio	8-10-12
Alto	15-20-25
Muy alto	30-40-50
Ultra	50+

Fuente: (Ministerio de Sanidad y Consumo, Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos; Asociación Española Contra el Cáncer, 2012)

De acuerdo con la Food and Drug Administration -FDA- se observan las siguientes indicaciones en cuanto al FPS.

Tabla 4. Indicaciones de la Administración de Medicamentos y Alimentos

PROTECCIÓN	FPS	PROPIEDADES
Mínima protección	2-4	Permite bronceado mínimo
Moderada protección	4-6	Permite bronceado moderado
Extra-protección	6-8	Permite bronceado limitado-extra
Máxima protección	8-15	Bronceado escaso, máxima protección
Ultra protección	15 o más	Bronceado nulo, mayor protección

Fuente: (León, 2007).

Otro dato relevante, tomado en cuenta, es el porcentaje de reducción de la radiación ultravioleta o UV producida por efecto de protectores solares con distinto número de FPS.

Tabla 5. Porcentaje de la radiación UV producida por efecto de protectores solares con distintos números de FPS.

FPS	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (%)
2	50
4	75
8	87.5
16	93.75
32	96.88
64	98.44

Fuente: (León, 2007).

De la Tabla 5 se puede observar que un protector solar con FPS de 15 o 16, al ser contrastado con uno que presenta un FPS de 30 o 32, no existe una doble protección, sino una mejora en

un 3% del porcentaje de reducción frente a la radiación UV. Estos valores han sido determinados mediante pruebas de laboratorio donde la cantidad que se aplica es mucho mayor a la que se utiliza, de ahí que este valor sea tomado solo como una referencia (León, 2007).

2.3.8.1 Determinación *in vitro* del FPS

Las metodologías *in vitro* que se pueden utilizar para medir el FPS se basan en las propiedades de adsorción o reflexión del filtro y se emplean durante el desarrollo de una formulación y para el control de calidad (Moya & Osorio, 2017).

El método desarrollado por Mansur ha demostrado ser eficaz, rápido y seguro. Las muestras, ya sean de las formulaciones establecidas o de extractos con plantas siguen el mismo protocolo, el cual consiste en diluirlas con etanol al 96% hasta llegar a una concentración final de 0.2 μg/mL. La absorbancia de estas soluciones se determina en un rango de 290-320 nm con intervalos de 5 nm realizando lecturas por triplicado por cada longitud de onda (Moya & Osorio, 2017).

2.3.9 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos presentan un amplio número en cuanto a su diversidad y están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Estos compuestos poseen una estructura química especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante, actuando como captores de radicales libres, neutralizando peligrosas especies reactivas de oxígeno e iones metálicos quelantes (Gracia, 2007).

Polifenoles

Sustancias químicas presentes en la mayoría de los vegetales como metabolitos secundarios, se caracterizan por contener un grupo fenol en su molécula y por su actividad fotoprotectora. Se subdividen en dos grupos: taninos hidrolizables y fenilpropanoides. Dentro de este segundo

grupo se encuentran los flavonoides los cuales son pigmentos naturales característicos en plantas, frutas y verduras que tienen la capacidad de proteger contra agentes oxidantes producidos por la radiación UV y por otros factores ambientales.

Los flavonoides son los metabolitos secundarios de gran interés en las industrias cosméticas por su actividad fotoprotectora, derivan de la familia de los polifenoles y son sintetizados por las plantas. Estos metabolitos secundarios son pigmentos no fotosintéticos debido a los efectos de fotoprotección que presentan en las plantas, por lo que van a actuar como filtros solares. Por lo que, si son capaces de proteger a las células de las plantas, también pueden brindar protección a las células de la piel de los seres humanos.

Los anillos bencénicos de los polifenoles absorben la radiación UVB, la cual es altamente energética y es la responsable de la formación de radicales libres (Pacheco, 2018).

2.3.9.1 Determinación de compuestos fenólicos

Los métodos más utilizados para la determinación de fenoles totales están basados en una medición directa de la absorción de la radiación ultravioleta, o más exactamente mediante métodos colorimétricos, como es el uso del reactivo de Folin-Ciocalteu. En la actualidad este método es el más empleado para estimar el contenido total de compuestos fenólicos presentes en extractos de plantas (Yapuchura, 2010).

La técnica de Folin-Ciocalteu está basada en la propiedad que tienen los fenoles de reaccionar con agentes oxidantes, este reactivo está compuesto de molibdato y tungstato sódico el cual al interactuar con compuestos fenólicos forman complejos fosfomolíbdico y fosfotúngstico. Al estar en un medio básico, la transferencia de electrones va a reducir estos complejos a óxidos de tungsteno -W_8O_{23}- y molibdeno -Mo_8O_{23}-, estos son agentes cromógenos los cuales van a dar un color azul intenso y van a ser proporcionales a la cantidad de grupos fenólicos que estén presentes en la molécula de interés (Cruzado, Pastor, Castro, &

Cedrón, 2013). Las absorbancias se efectúan a 760 nm en un espectrofotómetro ultravioleta-visible; se efectúa una curva de calibración con ácido gálico y los resultados finales se expresan en miligramos de ácido gálico por litro (Aillón, 2014).

2.3.10 Agentes antioxidantes

Una intensa exposición a la radiación UV produce daño en el ADN, oxidación de las proteínas y con ello induce a la síntesis de metaloproteinasas -MMP-. Los antioxidantes vegetales sirven como un refuerzo a la actividad fotoprotectora, debido a que estas sustancias logran disminuir el daño ocasionado por la radiación solar sin interferir o alterar la síntesis de vitamina D en la piel, por lo que también se les atribuye una capacidad fotoprotectora. Los antioxidantes vegetales que con mayor frecuencia son utilizados en la formulación de los protectores solares son: β-caroteno, vitamina C y E (Pacheco, 2018).

2.3.10.1 Determinación de la actividad antioxidante

Los métodos de determinación de la actividad antioxidante se basan en comprobar cómo un agente oxidante induce daño oxidativo a un sustrato oxidable, daño que es inhibido o reducido en presencia de un antioxidante. Esta inhibición es proporcional a la actividad antioxidante del compuesto o la muestra (Coba, Mayacu, & Vidari, 2010).

La determinación se llevó a cabo por el método de DPPH (Difenil Picril Hidrazilo) el cual fue propuesto originalmente por Brand Williams. El DPPH es uno de los pocos radicales estables, presenta una fuerte coloración violeta la cual absorbe radiación a 517 nm por lo que su concentración se puede determinar mediante espectrofotometría. Al realizarse el ensayo se determina la concentración inicial de DPPH y la concentración resultante una vez que se ha añadido el posible antioxidante. Por lo tanto, se puede deducir que una disminución de la absorción de la radiación se interpreta en una disminución de la concentración de DPPH debido a que se ceden electrones gracias a la especie antioxidante (Coba, Mayacu, & Vidari, 2010).

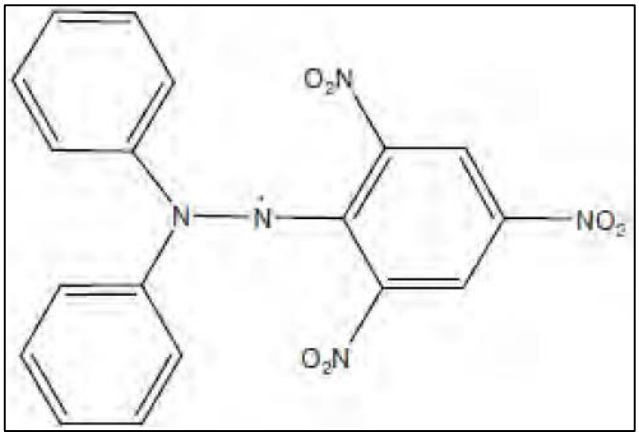


Figura 3. Estructura del radical DPPH.

Fuente: (Cerón & López, 2013).

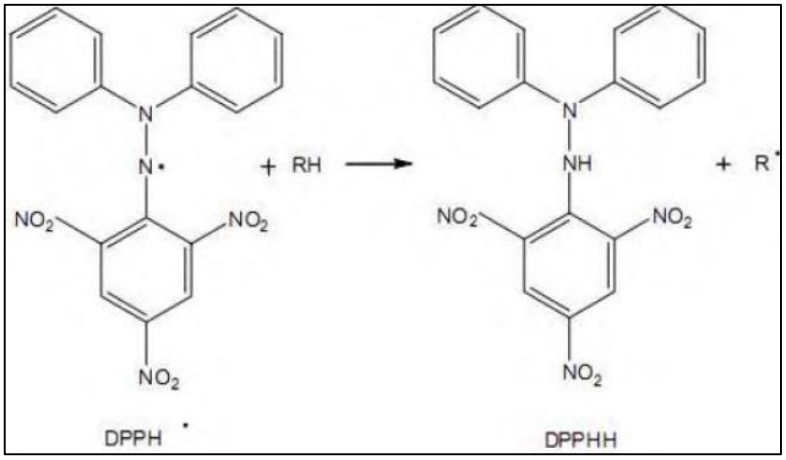


Figura 4. Reacción de reducción de DPPH y un compuesto antioxidante (RH).

Fuente: (Cerón & López, 2013).

2.3.11 Método de extracción con solventes

Es una concentración obtenida mediante maceración en determinados solventes como: agua, alcohol, glicerina vegetal, etc. De consistencia líquida, densa, fluida o seca. Los extractos líquidos son ligeramente espesos y los fluidos tienen una consistencia similar a la miel fresca (Linares, 2013).

La extracción con un solvente es por lo general utilizada para aislar diversos compuestos que se encuentran en las plantas. Por lo tanto, el rendimiento de la extracción y la capacidad

antioxidante de los extractos dependerán del solvente a utilizar. Los solventes que poseen alta polaridad como el agua, o los de una baja polaridad como el cloroformo o el hexano simplemente no garantizan buenos resultados de extracción en relación a los polifenoles. Para obtener mejores extracciones es recomendable trabajar con solventes que posean polaridad intermedia como mezclas a partir de la acetona, metanol o etanol (Yapuchura, 2010).

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Protocolo

3.1.1 Obtención de la materia prima

Las cáscaras de papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola fueron recolectadas de la microempresa de comida rápida "Picantería Kelly". Esta microempresa suministró un kilogramo de cáscara la cual va a ser indispensable para el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Para obtener un mejor rendimiento en la investigación, las cáscaras de papa fueron escogidas de manera selectiva; es decir, papa madura, limpia, sin daños físicos -podrida, seca, deforme- por lo que es necesario que las cáscaras se encuentren conservadas a temperatura ambiente antes de recolectarlas. Además, las cáscaras se encontraron libres de daños causados por patógenos y a su vez se evidenció ausencia de insectos.

Figura 5. Recepción de la cáscara de papa variedad Superchola.

Fuente: Autora

Tratamiento de la materia prima

Se recolectó un kilogramo de la cáscara de papa, de estas se escogieron las que en mejor estado se encontraban desechando las rotas y se procedió a pesar para obtener el peso total de la cáscara. La materia prima seleccionada se lavó con agua potable y luego con agua destilada, después se la dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas en un lugar con ausencia de luz. Se procedió a pesar las cáscaras secas de papa obteniendo el peso final. Posteriormente, se cortó en fragmentos pequeños para realizar los extractos alcohólico y glicólico.

Obtención del extracto alcohólico

Se colocó 100 gramos de fragmentos de cáscara de papa en conjunto con 200 mL de etanol al 96% en un frasco de vidrio, esto se lo realiza en una relación 1:2. Se cerró el frasco de vidrio y se almacenó durante ocho días a temperatura ambiente y en un lugar oscuro.

Figura 6. Maceración de la cáscara de papa en etanol al 96%.

Fuente: Autora

Transcurrido los ocho días se procedió a filtrar al vacío, enseguida se lo colocó en el rotavapor a 70 °C para obtener únicamente el extracto de la cáscara de papa, se obtuvo un

volumen final de 40 mL. Al extracto obtenido se lo almacenó en refrigeración en un envase ámbar hasta el momento de su uso.

Figura 7. Filtración al vacío del extracto alcohólico.

Fuente: Autora

Figura 8. Recuperación del alcohol etílico mediante un rotavapor

Fuente: Autora

Obtención del extracto glicólico

Se colocó otros 100 gramos de fragmentos de cáscara de papa en conjunto con 200 mL de glicerina vegetal en un frasco de vidrio, esto se lo realiza en una relación 1:2. Se cerró el frasco de vidrio y se almacenó durante ocho días bajo las mismas condiciones que el caso anterior.

Figura 9. Maceración de la cáscara de papa en glicerina.

Fuente: Autora

Transcurrido este tiempo se procedió a filtrar al vacío para obtener únicamente el extracto de las cáscaras de la papa, a este filtrado se lo almacena en refrigeración en un envase ámbar hasta el momento de su uso.

3.1.2 Medición del factor de protección solar *in vitro* de los extractos

Para obtener una concentración de 0.2 mg/mL, se pesó un gramo de cada uno de los extractos en un balón de aforo de 100 mL, se agregó 50 mL de etanol al 96%, se agitó por cinco minutos y se llevó a volumen final con etanol al 96%; se homogenizó y luego se filtró descartando los primeros 10 mL. Una alícuota de 5 mL del filtrado se transfirió a un balón aforado de 50 mL y se llevó a volumen final con etanol al 96%. Luego, una alícuota de 5 mL

de la última dilución se transfirió a un balón de aforo de 25 mL y se llevó a volumen con etanol al 96%. Las absorbancias de las soluciones fueron determinadas en un rango de 290 a 320 nm, con intervalos de 5 nm. Los análisis fueron realizados por triplicado y el FPS fue calculado de acuerdo con la ecuación desarrollada por Mansur (Samillan, 2018).

Una vez medidos los extractos de las cáscaras a las longitudes de onda antes mencionada, se calcula el factor de protección solar empleando la siguiente fórmula:

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

Donde:

FPS: Factor de protección solar

FC: 10 -Factor de corrección-

EE(λ): Efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda λ

I(λ): Intensidad del sol en la longitud de onda λ

Abs(λ): Absorbancia de la solución en la longitud de onda λ

La relación que existe entre el efecto eritemogénico y la intensidad de la radiación de cada longitud de onda es una constante (Prudencio & Bustamente, 2018).

Tabla 6. Relación entre el Efecto Eritemogénico y la Intensidad de la Radiación de cada Longitud de Onda.

Longitud de onda (nm)	**290**	**295**	**300**	**305**	**310**	**315**	**320**	**Total**
$EE(\lambda) \cdot I(\lambda)$	0.0150	0.0817	0.2874	0.3278	0.1864	0.0839	0.0180	1.000

Fuente: (Prudencio & Bustamente, 2018).

3.1.3 Cuantificación de compuestos fenólicos totales

3.1.3.1. Obtención de la curva de calibración

Los compuestos fenólicos totales fueron cuantificados por el método de Folin-Ciocalteu utilizado ácido gálico como estándar de referencia.

Se preparó una disolución patrón de ácido gálico de 0.1 g/L, para lo cual se pesaron 25 mg de ácido gálico, se colocaron en un matraz aforado de 25 mL y se llevaron a volumen final con agua mili-Q. De igual manera, se preparó una disolución de carbonato de sodio al 20% pesando cinco gramos de carbonato de sodio en un matraz aforado de 25 mL, inicialmente se disolvió en 15 mL de agua mili-Q.

Por otra parte, se preparó una disolución 1N del reactivo de Folin-Ciocalteu en agua mili-Q. Para preparar el reactivo de Folin 1N se realizó una dilución del reactivo comercial -2N- con agua mili-Q tomando la misma cantidad de ambos, el reactivo se protegió de la luz y se colocó en refrigeración hasta su uso.

Se hicieron las diluciones necesarias con agua mili-Q para obtener concentraciones de 0 mg/L, 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L y 50 mg/L para la preparación de la curva de calibración. Esto se realizó tomando respectivamente 20 µL, 40 µL, 60 µL, 80 µL y 100 µL de la disolución patrón de ácido gálico de 0.1 g/L en viales ámbar. Luego, se adicionó a cada vial 250 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu 1N y se agitó durante cinco minutos.

Tabla 7. Curva de calibración para fenoles totales

Muestra	Ácido Gálico	Reactivo de Folin
Blanco	0 µL	250 µL
1	20 µL	250 µL
2	40 µL	250 µL
3	60 µL	250 µL
4	80 µL	250 µL
5	100 µL	250 µL

Fuente: Autora

Luego, se adicionó 250 µL de la disolución de carbonato de sodio al 20% a cada vial, se aforó a 2 ml con agua mili-Q y se dejó reposar por 2 horas. Además, se preparó una muestra que se denomina blanco con todos los componentes excepto la disolución de ácido gálico. Por último, se procedió a leer con una absorbancia de 760 nm en el espectrofotómetro.

Tabla 8. Adición de Carbonato de sodio y agua mili-Q.

Muestra	Carbonato de Sodio	Agua mili-Q
Blanco	250 µL	1500 µL
1	250 µL	1480 µL
2	250 µL	1460 µL
3	250 µL	1440 µL
4	250 µL	1420 µL
5	250 µL	1400 µL

Fuente: Autora

3.1.3.2. Cuantificación de compuestos fenólicos

Se tomó 1 mL de cada extracto -alcohólico y glicólico-, se colocaron en un balón de aforo de 10 mL y se llevó a volumen final con agua mili-Q (Aillón, 2014). Luego se tomaron 0.5 mL

de cada una de estas disoluciones y se mezclaron con 0.75 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu 1N dejando en reposo a temperatura ambiente por cinco minutos, después se agregó 0.75 mL de carbonato de sodio al 20%. Se agitaron para luego dejar reposar durante 90 minutos a temperatura ambiente. Luego se midió la absorbancia a 760 nm. Este procedimiento se realizó por triplicado con cada uno de los extractos (Gutiérrez, Ortíz, & Mendoza, 2008).

3.1.4 Determinación de la capacidad antioxidante

Se realizó mediante el método de barrido de radicales libres 2,2- difenil- 1-picrilhidrazilo -DPPH-.

Preparación del reactivo de DPPH

Se preparó una solución 0.5 mM de DPPH en etanol al 96%. El cual consistió en pesar 49 mg de DPPH y aforarlo a 250 mL con etanol al 96%, se colocó en un frasco ámbar y se mantuvo en refrigeración hasta su uso.

Preparación de la curva de calibración

Se realizó a base de ácido ascórbico puro, el cual se procedió a pesar 25 mg de este y se le aforó en un balón de aforo de 25 mL con etanol al 96%; es decir se obtuvo una concentración de 1000 ppm.

Se realizó a base de una pastilla de vitamina C comercial, la cual primero se trituró, se pesó 25 mg de esta y se aforó en un balón de aforo de 25 mL con agua Mili-Q.

Preparación de las muestras

- Se tomó 1 mL del extracto alcohólico y glicólico de la cáscara de papa y se lo aforó a 10 mL con etanol al 96%.
- El espectrofotómetro UV-VIS se programó a la longitud de onda a 517 nm.
- Se enceró el equipo con etanol al 96%.

Preparación de soluciones de las fracciones:

Estas soluciones se realizaron para elaborar la curva de calibración y también para las lecturas del extracto alcohólico y glicólico.

Tabla 9. Lecturas del antirradical DPPH

Frascos	Muestra	DPPH	Etanol 96%
Blanco	0 µL	2.9 mL	100 µL
1	1 µL	2.9 mL	99 µL
2	5 µL	2.9 mL	95 µL
3	10 µL	2.9 mL	90 µL
4	20 µL	2.9 mL	80 µL
5	50 µL	2.9 mL	50 µL
6	80 µL	2.9 mL	20 µL
7	100 µL	2.9 mL	0 µL

Fuente: Autora

Se colocaron los frascos dentro de un vaso de precipitación y se agitaron a 200 rpm durante una hora a temperatura ambiente, esto aplica tanto para los patrones de referencia como para cada uno de los extractos.

Se midió la absorbancia de las muestras comenzando por el blanco y luego los otros de forma ascendente.

El porcentaje de inhibición se calculó mediante la fórmula:

$$\% \, Inhibición = \left(\frac{Abs_{blanco} - Abs_{muestra}}{Abs_{blanco}}\right) \cdot 100$$

Fuente: (Scartezzini, Antognoni, Raggi, Poli, & Sabbioni, 2006)

Donde:

La actividad antioxidante se expresa como una concentración, IC_{50} en µg/mL, que se requiere para el 50% de inhibición de la formación del radical DPPH (Aldana & Guayasamín, 2014).

3.1.5 Evaluación de la actividad fotoprotectora de los extractos

Una vez realizadas las pruebas respectivas para los extractos, se procederá a evaluar cada una y se establecerán sus diferencias, se determinará cuál es el componente que posee mayor actividad fotoprotectora a través de un análisis estadístico de varianza -ANOVA- con un diseño completamente al azar.

La actividad fotoprotectora de los extractos se interpretará y describirá mediante gráficos y tablas estadísticas, que también servirán para interpretar los resultados obtenidos en la cuantificación de compuestos fenólicos totales y en la determinación de la capacidad antioxidante. Todo esto para la elección del mejor extracto para uso en la elaboración del protector solar.

3.1.6 Formulación del protector solar a base del extracto con mayor actividad fotoprotectora

La formulación para la elaboración de la crema de protección solar se basa en elegir ingredientes naturales, los cuales por sí solos protegen a la piel de la radiación solar. Estos ingredientes al interactuar con el extracto que mayor actividad fotoprotectora presente, podrían funcionar como sinergistas para bloquear la rayos solares.

Tabla 10. Formulación del Protector Solar.

INGREDIENTES	CANTIDAD	UNIDAD
Aceite de coco	25	mL
Cera de abeja	30	g
Manteca de cacao	30	g
Aceite de vitamina E	5	mL
Extracto	5	mL

Fuente: (Moriana, 2018).

3.1.6.1. Elaboración

Según Moriana (2018):

1. A baño maría -70 °C- derretir el aceite de coco con la manteca de cacao y la cera de abeja.

2. Una vez que se haya derretido y fusionado todo, añadir el aceite de vitamina E y el extracto, así mismo a baño maría -70 °C-.

3. Mezclar todo hasta que se disuelva y se obtenga una mezcla homogénea.

4. Colocar la mezcla en un dispensador o envase con tapa.

5. Dejar enfriar y reposar para que la mezcla se endurezca a temperatura ambiente.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Obtención de los extractos

4.1.1 Obtención del extracto etanólico

De 100 gramos de cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola, se obtuvo por macerado 40 mL de extracto etanólico después de haberlo filtrado y colocado en el rotavapor, el cual tiene un aspecto café y líquido.

Tabla 11. Datos de la obtención del extracto etanólico.

Especie vegetal	**Peso inicial**	**Peso seco inicial**	**Peso de muestra seca y fragmentada**	**Volumen total de extracto etanólico**
Solanum tuberosum L.	1 kg	840 g	100 g	40 mL

Fuente: Autora

4.1.2 Obtención del extracto glicólico

De 100 gramos de cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola, se obtuvo por macerado 150 mL de extracto glicólico después de haberlo filtrado, el cual tiene un aspecto café oscuro y de consistencia semilíquida.

Tabla 12. Obtención del extracto glicólico

Especie vegetal	Peso inicial	Peso seco inicial	Peso de muestra seca y fragmentada	Volumen total de extracto glicólico
Solanum tuberosum L.	1 kg	840 g	100 g	150 mL

Fuente: Autora

4.2 Medición del factor de protección solar *in vitro* de los extractos

Se determinó el factor de protección solar -FPS- del extracto alcohólico y glicólico en una concentración de 20 ppm, esto según el método *in vitro* establecido por Mansur, en donde se relaciona la absorbancia con el efecto eritemogénico y la intensidad de la radiación UVB -290 a 320 nm-, principal responsable de los fotodaños que afectan a la piel.

Tabla 13. Resultados obtenidos en la determinación del FPS en el extracto alcohólico.

	Longitud de onda (nm)							
	290	**295**	**300**	**305**	**310**	**315**	**320**	**FPS**
Absorbancia	1.2769	0.8636	0.4700	0.3712	0.3315	0.3099	0.2811	**4.395**
	1.2752	0.8634	0.4693	0.3718	0.3316	0.3095	0.2810	**4.392**
	1.2771	0.8627	0.4697	0.3719	0.3311	0.3095	0.2810	**4.394**
Media								**4.393**

Fuente: Autora

Tabla 14. Resultados obtenidos en la determinación del FPS en el extracto glicólico

	Longitud de onda (nm)							
	290	**295**	**300**	**305**	**310**	**315**	**320**	**FPS**
	1.2676	0.8575	0.4633	0.3652	0.3242	0.3020	0.2711	**4.326**
Absorbancia	1.2671	0.8591	0.4633	0.3653	0.3239	0.3015	0.2720	**4.327**
	1.2682	0.8586	0.4632	0.3651	0.3241	0.3015	0.2713	**4.325**
Media								**4.326**

Fuente: Autora

En la Tabla 13 y Tabla 14 se muestra el FPS determinado con la ecuación de Mansur a longitudes de onda entre 290-320 nm en el espectrofotómetro UV-VIS, a una concentración de 20 ppm la cual es la óptima si se desease realizar una medición *in vivo* del FPS para compararla con la medición *in vitro*. Los resultados indicaron que para el extracto alcohólico el FPS fue de 4.39 y para el extracto glicólico fue de 4.33; esto después de haber realizado las tres lecturas correspondientes y obtener su promedio.

Tanto el extracto alcohólico como el glicólico pueden ser utilizados como filtros solares en las formulaciones, ya sea como ingrediente principal de los protectores solares o a su vez como sinergistas con los demás ingredientes; observándose que para este caso el más apto es el extracto alcohólico a pesar de que su diferencia con el extracto glicólico es mínima.

En el trabajo de investigación de Yungán (2019) a cerca de la formulación y control de calidad de un protector a base de cedrón -*Aloysa triphylla*- se demostró que la concentración con más alto nivel de FPS fue de 200 ppm con un resultado de 13.39 y a una concentración de 20 ppm, como es lo indicado al aplicar la ecuación de Mansur se obtuvo un valor de 1.47.

En otro estudio, utilizando el extracto acuoso liofilizado del tubérculo de *Dioscorea trifida* L.f. -sacha papa morada- se calculó el factor de protección solar en las cremas elaboradas al

1%, 3% y 5% del extracto, dando valores de 0.4421, 0.4458, 0.4568 respectivamente. Descartando estos valores como aptos para una formulación solar. Sin embargo, en este estudio utilizando la cáscara de papa variedad Superchola se calculó el factor de protección solar únicamente en el extracto y no en la crema, por lo que este valor puede aumentar o disminuir la capacidad de adsorción de la radiación UVB debido a que existen factores que afectan la determinación del FPS cuando ya están presentes en la formulación (Medina & Echaiz, 2019).

Los procedimientos *in vitro* generan una analogía con lo referente a los métodos *in vivo*, porque relaciona la absorbancia del fotoprotector con el efecto eritemogénico de la radiación solar ultravioleta en una longitud de onda de 290-320 nm. Los análisis *in vitro* son una herramienta rápida y segura debido a que reduce los riesgos a los que se exponen los seres humanos cuando realizan estudios *in vivo* (Proaño, 2017).

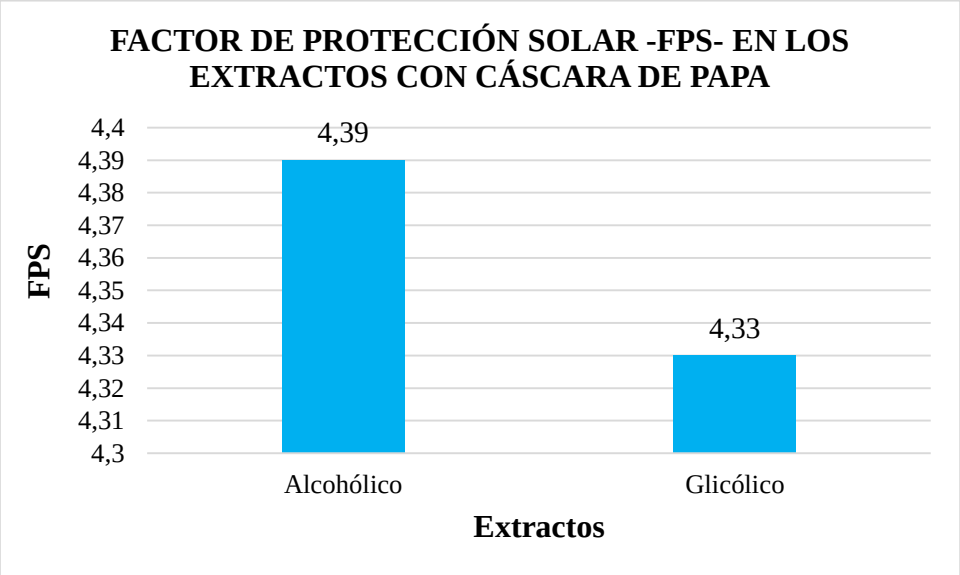


Gráfico 1. Índice o Factor de Protección Solar que poseen los extractos de la cáscara de papa

Fuente: Autora

En el Gráfico 1 se observa que el factor de protección solar -FPS- de los dos extractos se encuentra en un valor superior a 4, por lo que sería un filtro que permite un bronceado mínimo a las personas, pero no una quemadura. El más ideal para incorporarlo en una formulación para

elaborar un protector solar sería el extracto alcohólico, el cual obtuvo un valor de 4.39 por lo que según León (2007) el porcentaje de reducción de la radiación UV es del 75%. Esto significa que la crema de protección solar es apta para la protección de las quemaduras solares producidas por la radiación UVB.

4.3 Cuantificación de compuestos fenólicos totales

En la Tabla 15 se observa los valores de las concentraciones y absorbancias que se utilizaron para la elaboración de la curva de calibración con ácido gálico.

Tabla 15. Curva de calibración con ácido gálico para fenoles totales.

Curva de calibración con ácido gálico -GAE-				
mg/L GAE	**Absorbancia a 760 nm**			**Promedio**
0	0.1443	0.1440	0.1436	0.1440
10	0.4695	0.4711	0.4717	0.4708
20	0.9376	0.9385	0.9408	0.9390
30	1.3589	1.3601	1.3607	1.3600
40	1.7289	1.7306	1.7311	1.7302
50	2.0737	2.0733	2.0743	2.0738

Fuente: Autora

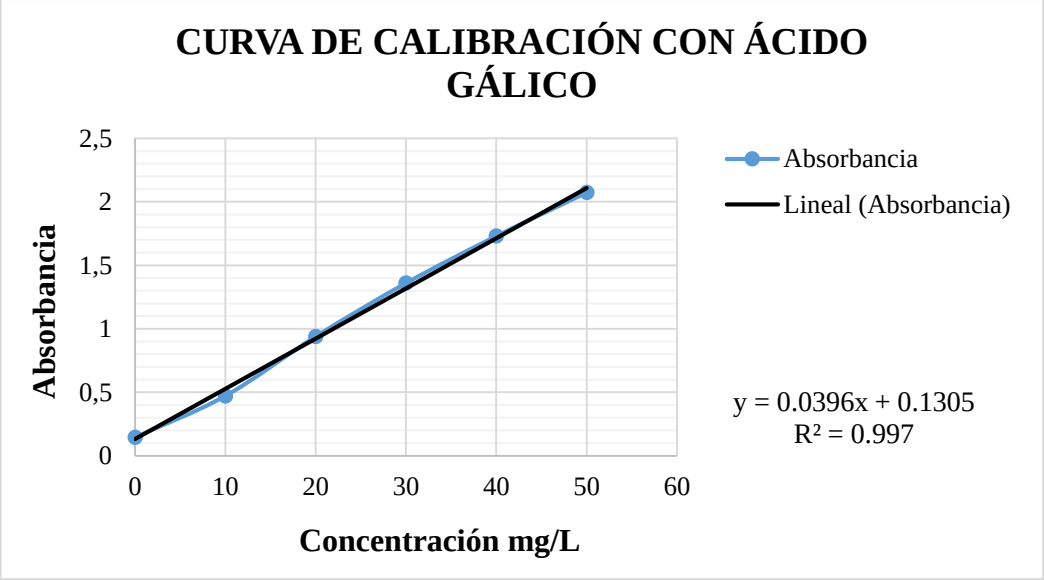


Gráfico 2. Curva de calibración con ácido gálico.

Fuente: Autora

Empleando la siguiente fórmula, la cual se obtiene de la ecuación de la recta, se relacionará la concentración de ácido gálico con las absorbancias obtenidas en el extracto alcohólico y glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L-.

$$Ácido\ gálico = \frac{Absorbancia\ de\ la\ muestra - 0.1305}{0.0396}$$

Fuente: (Aillón, 2014).

En la Tabla 16 y Tabla 17 se puede observar la equivalencia que existe entre la absorbancia de los extractos alcohólico y glicólico de *Solanum tuberosum* L. –cáscaras- con la concentración de ácido gálico la cual se obtiene de la ecuación proveniente de la curva de calibración.

Tabla 16. Fenoles totales presentes en el extracto alcohólico de la cáscara de papa.

Fenoles Totales		
Extracto. Cáscara de papa *Solanum tuberosum* L.	**Absorbancia a 760 nm**	**Eq. mg GAE/L extracto**
Alcohólico	1.6105	37.3737
	1.6104	37.3712
	1.6109	37.3708
Promedio	**1.6106**	**37.3762**

Fuente: Autora

Tabla 17. Fenoles totales presentes en el extracto glicólico de la cáscara de papa.

Fenoles Totales		
Extracto. Cáscara de papa *Solanum tuberosum* L.	**Absorbancia a 760 nm**	**Eq. mg GAE/L extracto**
Glicólico	0.3119	4.5808
	0.3123	4.5909
	0.3130	4.6085
Promedio	**0.3124**	**4.5934**

Fuente: Autora

En un estudio realizado con el extracto de mashua -*Tropaeolum tuberosum*- de Aillón (2014) la concentración de fenoles totales fue de 0.7 mg/L por lo que no presenta un valor significativo si se lo compara con el extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola el cual tuvo una concentración de 37.3762 mg/L.

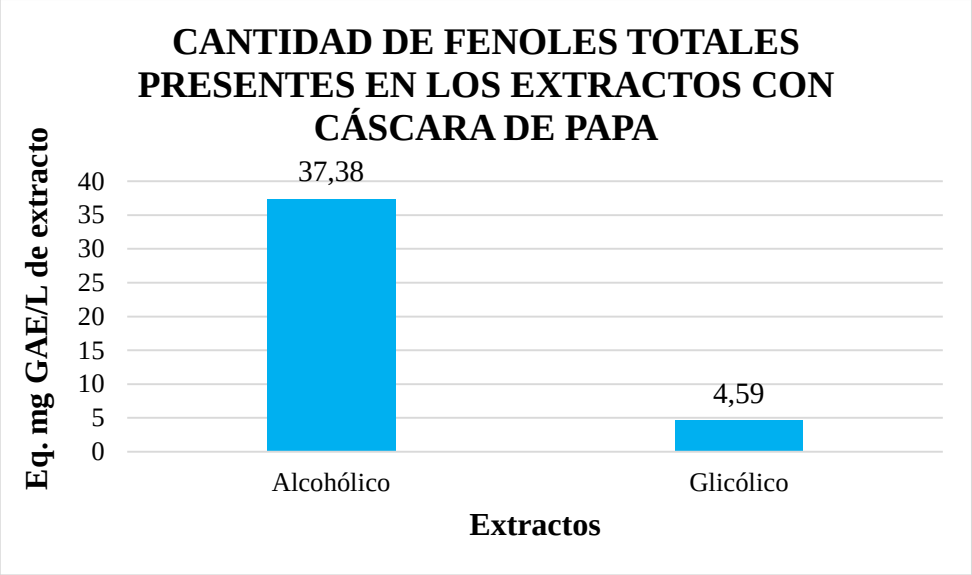


Gráfico 3. Cuantificación de compuestos fenólicos presente en los extractos alcohólico y glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.

Fuente: Autora

Como se observa en la Tabla 16 y en el Gráfico 3 el extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- presentó un valor de 37.38 mg/L, el cual representa una concentración alta de compuestos fenólicos; el extracto glicólico de la misma especie presentó un valor de 4.59 mg/L el cual no es tan significante.

A pesar de que el factor de protección solar obtenido no es tan elevado, el extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- presentó una concentración alta de compuestos fenólicos por lo que según Medina & Echaiz (2019) estos podrían actuar previniendo el daño inducido por radiación ultravioleta por otros mecanismos, por ejemplo, capturando e inactivando especies reactivas de oxígeno.

4.4 Determinación de la capacidad antioxidante

Los dos extractos estudiados han demostrado muy baja capacidad antioxidante. Pero al contrastarlo es evidente que el óptimo es el extracto alcohólico debido a que presentó una mayor actividad para atrapar al radical DPPH.

Para efectuar este método se tomó en consideración el valor del IC_{50} el cual corresponde a la concentración necesaria para disminuir en un 50% la absorbancia inicial del DPPH. A valores más bajos del IC_{50} mayor va a ser la actividad antioxidante presente (Aldana & Guayasamín, 2014).

Para la curva de calibración se tomó como referencia al ácido ascórbico puro y una pastilla de vitamina C, la cual es un antioxidante comercial.

Tabla 18. Actividad antirradical DPPH del ácido ascórbico.

Ácido Ascórbico						
µL de extracto	**Concentración (µg/mL)**	**Absorbancia a 517 nm**			**Promedio de absorbancia**	**% de Inhibición**
0	0	2.3558	2.3539	2.3516	2.3538	0
1	0.3333	2.3552	2.3529	2.3518	2.3533	0.0212
5	1.6667	2.2480	2.2406	2.2496	2.2461	4.5755
10	3.3333	2.1526	2.1536	2.1526	2.1529	8.5351
20	6.6667	2.0079	2.0079	2.0091	2.0083	14.6784
50	16.6667	1.4564	1.4554	1.4562	1.4560	38.1426
80	26.6667	0.8424	0.8421	0.8429	0.8425	64.2068
100	33.3333	0.4338	0.4346	0.4352	0.4345	81.5404
					IC_{50} (µg/mL)	**20.7816**

Fuente: Autora

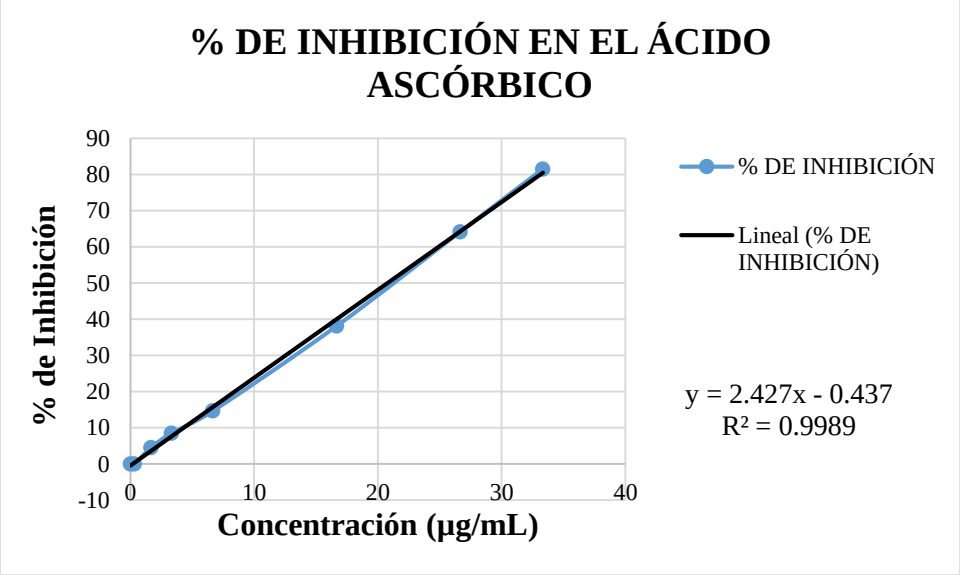


Gráfico 4. Porcentaje de inhibición en el ácido ascórbico

Fuente: Autora

La Tabla 18 y el Gráfico 4 muestran los porcentajes obtenidos de ácido ascórbico para inhibir los radicales libres, se determinó que de la concentración de 33.33 µg/mL se obtuvo un porcentaje de inhibición de 81.54%, el cual se obtuvo después de esperar una hora en el agitador a 200 rpm.

Según Carbonel, Suárez, & Arnao (2016), en su investigación determinó que el IC_{50} del ácido ascórbico fue de 8.88 µg/mL. En el estudio de Aillón (2014) el IC_{50} del ácido ascórbico fue de 3.17 µg/mL. En el trabajo de estudio el IC_{50} fue de 20.78 µg/mL, esto puede deberse a las condiciones de almacenamiento del ácido ascórbico y a las propiedades fisicoquímicas del mismo.

Tabla 19. Actividad antirradical DPPH de la pastilla comercial de vitamina C.

Pastilla Comercial de Vitamina C						
µL de extracto	**Concentración (µg/mL)**	**Absorbancia a 517 nm**			**Promedio de absorbancia**	**% de Inhibición**
0	0	1.6789	1.6804	1.6805	1.6800	0
1	0.3333	1.6527	1.6800	1.6802	1.6709	0.5417
5	1.6667	1.6520	1.6521	1.6520	1.6520	1.6667
10	3.3333	1.611	1.6356	1.6592	1.6453	2.0655
20	6.6667	1.6232	1.6211	1.6221	1.6223	3.4345
50	16.6667	1.5522	1.5518	1.5517	1.5518	7.6310
80	26.6667	1.4469	1.4772	1.4764	1.4668	12.6905
100	33.3333	1.4311	1.4300	1.4297	1.4302	14.8690
					IC_{50} (µg/mL)	**112.3027**

Fuente: Autora

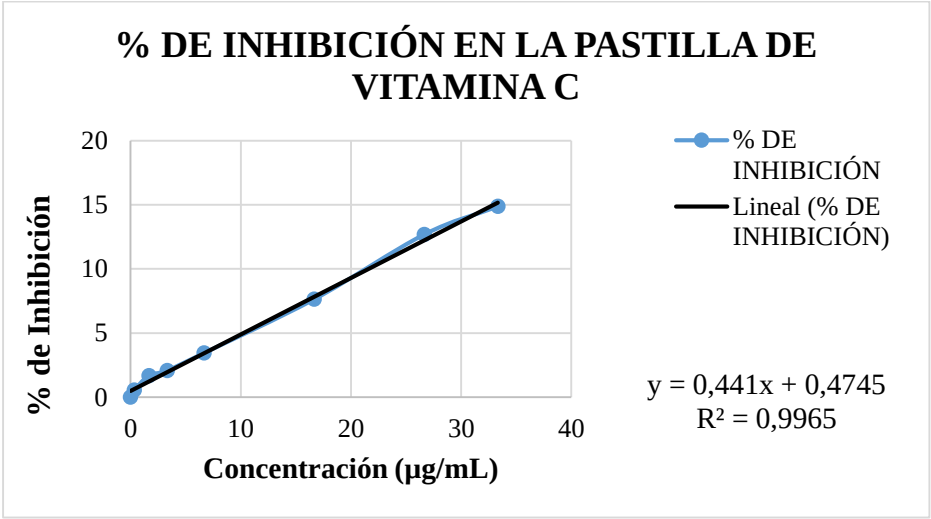


Gráfico 5. Porcentaje de inhibición en la pastilla de vitamina C.

Fuente: Autora

En el caso de la vitamina C en pastilla el porcentaje de inhibición más alto fue de 14.8690%, esto a una concentración de 33.3333 µg/mL como se puede observar en la Tabla 19 y en el Gráfico 5. La concentración mínima necesaria o IC_{50} fue de 112.3027 µg/mL por lo que la capacidad antioxidante es demasiada baja si se la compara con el ácido ascórbico puro o en polvo. Esto puede ser debido al contenido de excipientes, preservantes e incluso de colorantes y saborizantes que posee la misma pastilla.

En el estudio de Aldana & Guayasamín (2014) la concentración mínima necesaria o IC_{50} de la vitamina C fue de 17.846 µg/mL al ser diluido en etanol al 96% y en este caso el valor fue de 112.3027 µg/mL, pero la pastilla se la diluyó con agua mili-Q por lo que afectaría en los resultados obtenidos.

Tabla 20. Actividad antirradical DPPH del extracto alcohólico con la cáscara de papa.

Extracto alcohólico con la cáscara de papa						
µL de extracto	**Concentración (µg/mL)**	**Absorbancia a 517 nm**			**Promedio de absorbancia**	**% de Inhibición**
0	0	1.5245	1.5257	1.5256	1.5253	0
1	0.3333	1.5177	1.5145	1.5168	1.5163	0.5900
10	3.3333	1.4841	1.4875	1.4852	1.4856	2.6027
20	6.6667	1.4805	1.4815	1.4813	1.4811	2.8978
50	16.6667	1.3856	1.3845	1.3837	1.3846	9.2244
80	26.6667	1.3330	1.3328	1.3320	1.3326	12.6336
100	33.3333	1.3120	1.3118	1.3124	1.3121	13.9776
					IC_{50} (µg/mL)	**116.5707**

Fuente: Autora

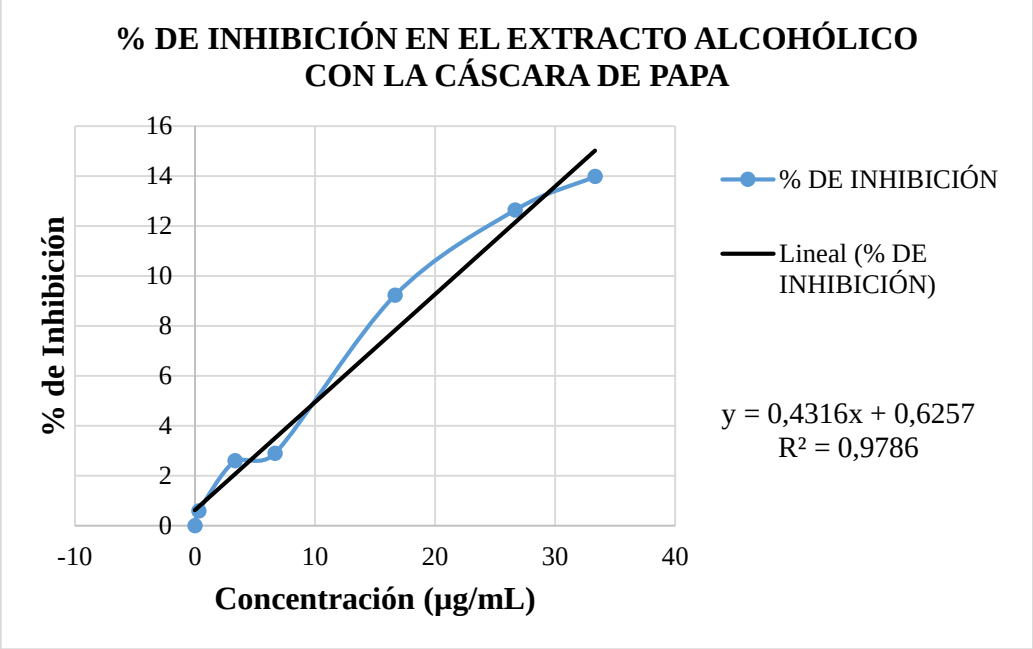


Gráfico 6. Porcentaje de inhibición en el extracto alcohólico de la cáscara de papa.

Fuente: Autora.

El porcentaje de inhibición que presentó el extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- fue de 13.9776% a una concentración de 33.3333 µg/mL, esto se obtuvo al esperar una hora en el agitador a 200 rpm, se enceró el espectrofotómetro con etanol al 96% y se procedió a obtener las absorbancias. Con un blanco de 1.5253 de absorbancia se obtuvo que la concentración mínima necesaria o IC_{50} fue de 116.5757 µg/mL, esto se puede observar en la Tabla 20 y Gráfico 6. La actividad antioxidante de este extracto es irrelevante si se lo compara con el ácido ascórbico puro o en polvo y posee un valor similar al compararlo con el ácido ascórbico o vitamina C en pastilla.

En un trabajo de investigación utilizando tres variedades de papa -blanca, amarilla y rosada- con y sin cáscara se calculó la actividad antirradical de los extractos lo cual se expresa en IC_{50}, esto dio valores de 19.30 µg/mL y 38.71 µg/mL para la papa blanca con y sin cáscara respectivamente. Para la papa amarilla los valores fueron de 16.78 µg/mL con cáscara y 45.67 µg/mL sin cáscara y para la papa rosada los valores que se obtuvieron fueron de 33.02 µg/mL

y 49.59 µg/mL con y sin cáscara respectivamente. Estos valores son distintos al obtenido con el extracto alcohólico de la cáscara de papa variedad Superchola ya que dio un valor de 116.5757 µg/mL, esto puede deberse a que según el estudio de Llanos (2009) para obtener los extractos lo realiza con agua destilada y de igual manera para realizar el método de DPPH lo hace con metanol y no con etanol como en este caso.

Tabla 21. Actividad antirradical DPPH del extracto glicólico con la cáscara de papa.

Extracto glicólico con la cáscara de papa						
µL de extracto	**Concentración (µg/mL)**	**Absorbancia a 517 nm**			**Promedio de absorbancia**	**% de Inhibición**
0	0	2.2281	2.2285	2.2283	2.2283	0
1	0.3333	2.2280	2.2280	2.2279	2.2280	0.0135
5	1.6667	2.2135	2.2130	2.2133	2.2133	0.6732
10	3.3333	2.2123	2.2120	2.2127	2.2123	0.7180
20	6.6667	2.2024	2.2025	2.2029	2.2026	1.1533
50	16.6667	2.1867	2.1868	2.1870	2.1868	1.8624
100	33.3333	2.1501	2.1510	2.1505	2.1505	3.4915
					IC_{50} (µg/mL)	**504.4929**

Fuente: Autora

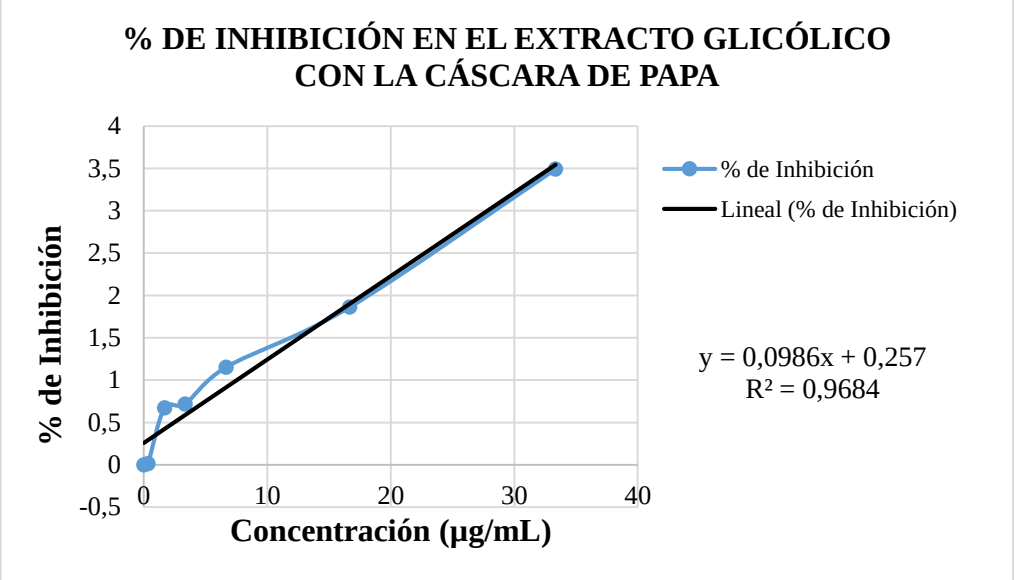


Gráfico 7. Porcentaje de inhibición en el extracto glicólico de la cáscara de papa.

Fuente: Autora

En el caso del extracto glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- el porcentaje de inhibición de radicales libres a una concentración de 33.3333 µg/mL fue de 3.4915% lo cual se evidencia en la Tabla 21 y en el Gráfico 7. La concentración mínima necesaria o IC_{50} obtuvo un valor de 504.4929 µg/mL. La actividad antioxidante de este extracto es poco significativa o casi nula si se lo compara con el ácido ascórbico puro o en polvo y posee un valor irrelevante al compararlo con la vitamina C en pastilla. Llanos (2009) expresa que el método de DPPH es el más utilizado actualmente para determinar la capacidad antioxidante de extractos acuosos, por lo que afecta de manera propocional en la cantidad de actividad antioxidante que posee dicho extracto en estudio.

Además los resultados de IC_{50} pueden verse alterados o modificados debido a los agentes oxidantes, en el sustrato que se haya empleado para la maceración, en la técnica instrumental utilizada y sobre todo en las posibles interacciones de la muestra -cáscara de papa- con el medio de reacción (Llanos, 2009).

Por lo tanto, el extracto alcohólico y glicólico de *Solanum tuberosum* L. -cáscara- no presenta actividad antioxidante de mayor relevancia al momento de compararla con los patrones utilizados, esto se debe a que posee compuestos antioxidantres en cantidades demasiadas bajas. Según la FAO (2008) la papa, tanto pulpa como cáscara, contiene una alta cantidad de ácido ascórbico, esto cuando son recién cosechadas pero, el valor va disminuyendo cuando a la papa se la almacena, cose o procesa. Por lo que estas circunstancias pueden ser un factor de influencia al momento de determinar la capacidad antioxidante que posee la cáscara de papa.

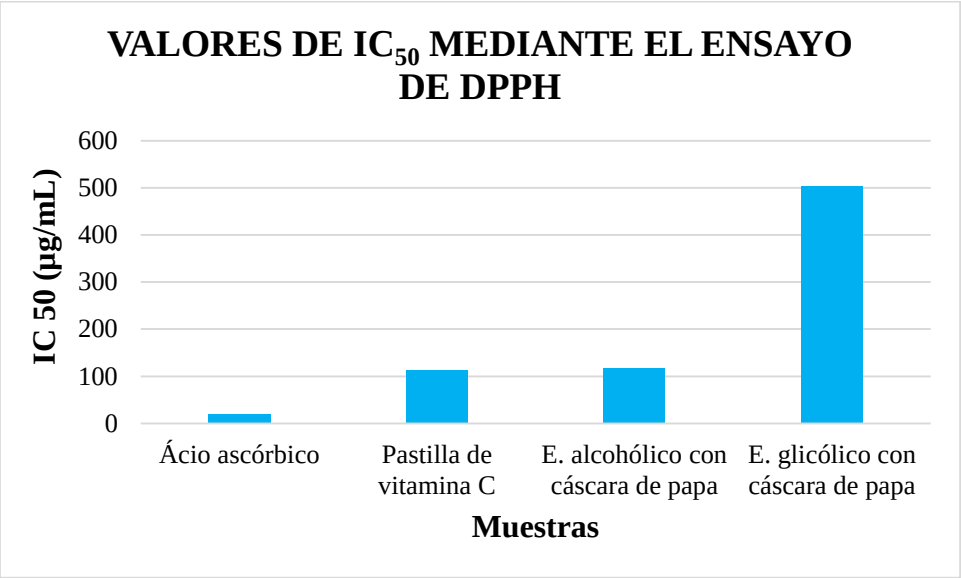


Gráfico 8. Valores de IC_{50} mediante el ensayo de DPPH.

Fuente: Autora.

El Gráfico 8, el cual es un análisis estadístico descriptivo de barras, evidencia los valores obtenidos de IC_{50} -µg/mL- de los patrones de referencia como de los extractos. El que mayor actividad antioxidante posee es el extracto alcohólico con un valor de 116.57 µg/mL si se lo compara con el extracto glicólico. Nótese la importancia de señalar que la actividad antioxidante no está simplemente relacionada con los compuestos fenólicos totales que se determinaron en los extractos (Aldana & Guayasamín, 2014).

Según Medina & Echaiz (2019) la actividad antioxidante del extracto acuoso liofilizado del tubérculo de *Dioscorea trifida* L.f. -sacha papa morada- obtuvo un IC_{50} de 64.3518 µg/mL lo que demuestra su capacidad antioxidante. En esta investigación el valor de IC_{50} fue de 116.5707 µg/mL para el extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- y un valor de 504.4929 µg/mL para el extracto glicólico de la misma especie. Los valores obtenidos son diferentes debido a los solventes utilizados y al tiempo de maceración empleado.

4.5 Análisis estadístico

Mediante el programa InfoStat e IBM SPSS versión 20, se procedió a realizar tres métodos estadísticos denominados ANOVA, para evaluar y comparar la actividad fotoprotectora mediante los valores obtenidos del FPS de los dos extractos de la cáscara de papa, así mismo se realizó con los valores de la cuantificación de los compuestos fenólicos totales. El último análisis estadístico hace referencia a los porcentajes de inhibición obtenidos del ensayo de DPPH con el extracto alcohólico y glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.-.

4.5.1 Factor de protección solar -FPS-

Los datos que se tomaron para elaborar el análisis estadístico son los tres valores del FPS obtenidos del extracto alcohólico y glicólico tal como se puede observar en la Tabla 22.

Para realizar un análisis interferencial a partir de la variable dependiente -FPS- se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilks, esto se debe a que las muestras evaluadas no superan los 50 datos, planteando lo siguiente:

Ho: las observaciones poseen una distribución normal

Ha: las observaciones no poseen distribución normal

Shapiro Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO FPS	6	0.00	1.2E-03	0.93	0.6743

Figura 10. Prueba de Shapiro-Wilks.

Fuente: Autora

Tabla 22. Datos del FPS en el extracto alcohólico y glicólico con cáscara de papa

Caso	Extractos	Observación	FPS
1	Alcohólico	1	4.395
2	Alcohólico	2	4.392
3	Alcohólico	3	4.394
4	Glicólico	1	4.326
5	Glicólico	2	4.327
6	Glicólico	3	4.325

Fuente: Autora

A través de los datos obtenidos mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks -Figura 10- se determinó que dichos datos tienen una distribución normal debido a que el valor de p es >0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula. Se procedió a aplicar un diseño completamente al azar, ya que este posee un factor de entrada -variable independiente- y uno de salida -variable dependiente-, con un nivel de confianza del 95% donde el factor de entrada serían las tres lecturas de absorbancias para la concentración a la que se sometieron los extractos y el factor de salida sería el factor de protección solar -FPS-.

Para esta prueba se plantean las siguientes hipótesis

$$H_o = u_1 = u_2 = u_3 \ldots$$

$$H_a \neq u_1 \neq u_2 \neq u_3 \ldots$$

Tabla 23. Cuadro de ANOVA, FPS.

ANOVA Factor de Protección Solar -FPS-: variable dependiente					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Extractos	8.167	1	8.167	12.250	0.025
Error	2.667	4	0.667		
Total	10.833	5			

Fuente: Autora

Los resultados expresados en la Tabla 23 determinaron que el valor de p es 0.025, el cual es <0.05 por lo que se acepta la hipótesis alternativa, que hace referencia a que la actividad fotoprotectora expresada en FPS del extracto alcohólico y glicólico de *Solanum tuberosum* L. -cáscara- poseen diferencias significativas entre sí.

4.5.2 Compuestos Fenólicos

Los datos que se tomaron para elaborar el análisis estadístico son los tres valores de la cantidad de fenoles totales obtenidos del extracto alcohólico y glicólico, como se puede observar en la Tabla 24.

Tabla 24. Datos de los compuestos fenólicos presentes en los extractos alcohólico y glicólico con cáscara de papa.

Caso	Extractos	Observación	Compuestos Fenólicos
1	Alcohólico	1	37.3737
2	Alcohólico	2	37.3712
3	Alcohólico	3	37.3708
4	Glicólico	1	4.5808
5	Glicólico	2	4.5909
6	Glicólico	3	4.6085

Fuente: Autora

Para realizar un análisis interferencial a partir de la variable dependiente -fenoles totales-se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilks, esto se debe a que las muestras evaluadas no superan los 50 datos, planteando lo siguiente:

Ho: las observaciones poseen una distribución normal.

Ha: las observaciones no poseen distribución normal.

Shapiro Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Fenoles Totales	6	0.00	0.01	0.94	0.6830

Figura 11. Prueba de Shapiro-Wilks

Fuente: Autora

A través de los datos obtenidos mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks -Figura 11- se determinó que dichos datos poseen una distribución normal debido a que el valor de p es >0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula. Se procedió a aplicar un diseño completamente

al azar, ya que este posee un factor de entrada -variable independiente- y uno de salida -variable dependiente-, con un nivel de confianza del 95% donde el factor de entrada serían las tres lecturas de absorbancias para la concentración a la que se sometieron los extractos y el factor de salida sería la cantidad de fenoles totales encontrados.

Para esta prueba se plantean las siguientes hipótesis

$$H_o = u_1 = u_2 = u_3 \ldots$$

$$H_a \neq u_1 \neq u_2 \neq u_3 \ldots$$

Tabla 25. Cuadro de ANOVA, Compuestos fenólicos.

ANOVA Cuantificación de fenoles: variable dependiente					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Extractos	13.500	1	13.500	13.500	0.021
Error	4.000	4	1.000		
Total	17.500	5			

Fuente: Autora

Los resultados expresados en la Tabla 25 determinaron que el valor de p es 0.021, el cual es <0.05 por lo que se acepta la hipótesis alternativa la cual hace referencia a que la cantidad de fenoles totales presentes en el extracto alcohólico y glicólico de *Solanum tuberosum* L. -cáscaras- poseen diferencias significativas entre sí. De esta manera se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas -Ho-.

4.5.3 Ensayo DPPH

Los datos que se tomaron para elaborar el análisis estadístico son los seis valores del porcentaje de inhibición obtenidos tanto del extracto alcohólico como glicólico a diferentes concentraciones, esto después de haber realizado las tres lecturas correspondientes y haber obtenido un promedio, como se puede observar en la Tabla 26.

Tabla 26. Datos del porcentaje de inhibición en los extractos alcohólico y glicólico con cáscara de papa.

Caso	Extractos	Observación	% de Inhibición
1	Alcohólico	1	0.5900
2	Alcohólico	2	2.6027
3	Alcohólico	3	2.8978
4	Alcohólico	4	9.2244
5	Alcohólico	5	12.6336
6	Alcohólico	6	13.9776
7	Glicólico	1	0.0135
8	Glicólico	2	0.6732
9	Glicólico	3	0.7180
10	Glicólico	4	1.1533
11	Glicólico	5	1.8624
12	Glicólico	6	3.4915

Fuente: Autora

Para realizar un análisis interferencial a partir de la variable dependiente -porcentaje de inhibición- se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilks esto se debe a que las muestras evaluadas no superan los 50 datos, planteando lo siguiente:

Ho: las observaciones poseen una distribución normal.

Ha: las observaciones no poseen distribución normal.

Shapiro Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Porcentaje de inhibic..	12	0.00	3.93	0.95	0.7873

Figura 12. Prueba de Shapiro-Wilks.

Fuente: Autora

A través de los datos obtenidos mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks -Figura 12- se determinó que dichos datos tienen una distribución normal debido a que el valor de p es >0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula. Se procedió a aplicar un diseño completamente al azar, ya que este posee un factor de entrada -variable independiente- y uno de salida -variable dependiente-, con un nivel de confianza del 95% donde el factor de entrada sería el promedio de las tres lecturas de absorbancias para la concentración a la que se sometieron los extractos y el factor de salida sería el porcentaje de inhibición que posee cada extracto.

Para esta prueba se plantean las siguientes hipótesis

$$H_o = u_1 = u_2 = u_3 \ldots$$

$$H_a \neq u_1 \neq u_2 \neq u_3 \ldots$$

Tabla 27. Cuadro de ANOVA, Porcentaje de inhibición

ANOVA **Porcentaje de inhibición: variable dependiente**					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Extractos	108.000	1	108.000	30.857	0.000
Error	35.000	10	3.500		
Total	143.000	11			

Fuente: Autora

Los resultados expresados en la Tabla 27 determinaron que el valor de p es 0.000, el cual es <0.05 por lo que se acepta la hipótesis alternativa la cual hace referencia a que el porcentaje de inhibición en el extracto alcohólico y glicólico de *Solanum tuberosum* L. -cáscaras- poseen diferencias significativas entre sí. De esta manera se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas -Ho-.

Según los resultados obtenidos se determinó que el valor de p en los tres análisis estadísticos realizados presentó valores menores a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe una diferencia significativa entre el extracto alcohólico frente al extracto glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.-. Esto se debe a que el extracto alcohólico presentó un valor de FPS superior al extracto glicólico, de igual manera la cuantificación de compuestos fenólicos totales fue superior en el extracto alcohólico. Además, al comparar el porcentaje de inhibición de los dos extractos el que presentó mayor capacidad antioxidante fue el extracto alcohólico.

Finalmente, de los análisis estadísticos realizados para la investigación, se concluye que la actividad fotoprotectora, compuestos fenólicos y el porcentaje de inhibición de radicales libres del extracto alcohólico de *Solanum tuberosum* L. -cáscaras- frente al extracto glicólico de la misma especie no son significativamente similares. De esta manera el extracto alcohólico de la cáscara de papa es el óptimo para incluirlo en una formulación de protección solar.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

El factor de protección solar se determinó mediante espectrofotometría y aplicando la ecuación de Mansur a una concentración de 20 ppm, obteniéndose valores de 4.39 y 4.33 para el extracto alcohólico y glicólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.-, respectivamente.

La cuantificación de la presencia de compuestos fenólicos en los extractos se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu obteniéndose valores de 37.38 y 4.59 mg de ácido gálico por litro de extracto, esto para el extracto alcohólico y glicólico. De esta manera se demuestra que el extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- es el que mayor cantidad de compuestos fenólicos presenta.

El porcentaje de inhibición obtenido luego del ensayo DPPH demostró que para el extracto alcohólico de la cáscara de papa se obtuvo un valor de 13.98% a una concentración de 33.33 µg/mL y un valor de 3.49% a una concentración de 33.33 µg/mL para el extracto glicólico de la misma especie. Por lo tanto, la actividad antioxidante de los extractos evaluados es muy baja al compararlas con los patrones de referencia en donde se obtuvo valores de 81.54% a una concentración de 33.33 µg/mL para el ácido ascórbico puro o en polvo y 14.87% a una concentración de 33.33 µg/mL para la vitamina C en pastilla.

Mediante el análisis estadístico denominado Análisis de la varianza -ANOVA- con un diseño completamente al azar, el valor de p obtenido en los tres ANOVA realizados fue menor a 0.05, por lo que se rechazó la hipótesis nula y de esta manera se aceptó la hipótesis alternativa. Por lo tanto, se determinó que el valor de FPS, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- es diferente al extracto glicólico de la misma especie analizada.

Se concluye que el extracto alcohólico de *Solanum tuberosum* L. -cáscaras- es el que presentó mayor actividad fotoprotectora, mayor captación de radicales libres por la presencia de compuestos fenólicos y genera cierta acción contra el estrés oxidativo por la capacidad antioxidante presente.

La elaboración del protector solar se realizó utilizando como filtro solar el extracto alcohólico el cual fue el que mayor actividad fotoprotectora presentó con un valor de FPS de 4.39, se obtuvo como formulación final la crema de protección solar demostrándose de esta manera que la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola presenta actividad fotoprotectora frente a la radiación UVB.

RECOMENDACIONES

- Después del secado de la cáscara de papa, se recomienda triturarlas para que se realice de mejor manera el filtrado.
- Realizar el ensayo de FPS *in vivo* para de esta manera respaldar los valores obtenidos en el ensayo *in vitro* de FPS.
- Cuantificar la presencia de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos de cáscara de papa a temperaturas y tiempos de almacenamiento diferentes.
- Para la certeza de los valores obtenidos en la capacidad antioxidante de los extractos se recomienda aplicar otras técnicas como capacidad de atrapamiento del catión radical -ABTS- y/o poder antioxidante reductor del hierro –FRAP-.
- Para la verificación de que, si existe o no una diferencia en la variabilidad genética de la papa, se recomienda recolectar la materia prima de otros lugares del país y en diferentes épocas.
- Experimentar con diferentes solventes al momento de la maceración de la cáscara de papa para obtener información relevante.
- Continuar con estudios sobre la actividad fotoprotectora que presenta la cáscara de papa -*Solanum tuberosum* L.- variedad Superchola debido a que existe escasa información referente a este tema.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña, P., & Chichay, L. (2009). El cuidado de la piel en niños y adolescentes sanos. . *Quemadura solar. Peligro para la piel*. La Habana, Cuba.

Agati, G., Brunetti, C., Di Fernandino, M., Ferrini, F., Pollastri, F., & Tattini, M. (2013). Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. *Elseiver*, 35-45.

Aillón, C. (Enero de 2014). Estudios de actividad antioxidante en fracciones provenientes de dos plantas medicinales ecuatorianas: Extractos hidroalcohólicos de mashua (Tropaeolum tuberosum Tropaeolacea y aceite esencial de congona (Peperomia inaequalifolia Piperaceae. Quito, Pichincha, Ecuador.

Alayo, W., Fiestas, R., Ayala, C., & Castillo, E. (2018). Desarrollo de una crema de hojas de Piper aduncum L. (Piperaceae) con actividad fotoprotectora in vitro. *Scielo*, 115-126.

Aldana, C., & Guayasamín, L. (Enero de 2014). Evaluación de la actividad antioxidante de los extravtos (alcohólico y acuoso) de las hojas de ficus citrifolia y caracterización química de los polifenoles. Quito, Pichincha, Ecuador.

Andrade, M., & Aráuz, A. (Mayo de 2014). *Campaña de Mercadeo Social Escúdate: Tu piel perdona pero no olvida, no la expongas al cáncer* . Quito, Ecuador.

Andrade, P., & Torres, L. (12 de Octubre de 2017). *Inventario de Tecnologías e Información para el cultivo de papa en Ecuador*. Obtenido de Inventario de Tecnologías e Información para el cultivo de papa en Ecuador: https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/19-superchola/

Anónimo. (s.f.). *Quemaduras de Sol*. Obtenido de Quemaduras de Sol: http://www.impcna.com/intranet/Nelson%20Pediatric%20SPAINISH/Skin%20and%20Nails%20-%20Spainish/SunburnES%5B1%5D.pdf

Arteaga, J., Ocampo, L., Ospina, D., & Mejía, M. (2014). Fabricación y evaluación de un bloqueador solar a base de dióxido de titanio, aceites y extractos de frutas. *Revista Colombiana de Materiales*, 146-151.

Caicedo, M. (2013). Elaboración de una crema dermoprotectora para contrarrestrar los daños causados por los rayos UV. Colombia.

Carbonel, K., Suárez, S., & Arnao, A. (2016). Características fisicoquímicas y capacidad antioxidante in vitro del extracto de Gentianella nitida. *Scielo*, 333-337.

Castañeda, P., & Eljure, J. (2016). El cáncer de piel, un problema actual. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM* , 6-14.

Cazorla, M. (2013). Actividad fotoprotectora de la maracuyá (Passiflora edulis), ishpingo (Ocotea quixos) en fototipos III (Homo sapiens) para elaboración de un protector solar. Riobamba, Ecuador .

Cerón, L., & López, I. (2013). Extracción y Cuantificación de compuestos con actividad antioxidante a partir de cáscaras de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) en el departamento de Nariño. Pasto, San Juan , Colombia.

Chumbi, M. (2017). Proyecto de investigación previa a la Obtención del título de Médico. *Conocimientos, actitudes y prácticas, sobre protección solar en los estudiantes de sexto y séptimo de básica de la Escuela urbana Bilingüe, Nuestra Familia vs Escuela rural Joaquín Fernández Córdova. Cuenca. 2016.* Cuenca, Ecuador.

Coba, P., Mayacu, L., & Vidari, G. (2010). Importancia de la actividad antioxidante y evaluación de extractos en etanol del género Oryctanthus. *La Granja*, 22-30.

Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana (CONPAPA). (12 de Junio de 2017). *Descripción de los principales componentes de la papa*. Obtenido de Descripción de los principales componentes de la papa: https://www.conpapa.org.mx/index.php/blog/item/4-descripcion-de-los-principales-componentes-de-la-papa

Consorcio Tecnológico de la Papa. (20 de Junio de 2017). *Propiedades y Beneficios de la Papa*. Obtenido de Propiedades y Beneficios de la Papa: https://www.papachile.cl/propiedades-y-beneficios-de-la-papa/

Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vásquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Scielo*, 206-212.

Cruz, M. (s.f.). *Estudio de formulaciones dermofarmacéuticas para protección solar*. Madrid, España.

Cruzado, M., Pastor, A., Castro, N., & Cedrón, J. (2013). Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de alcachofa (Cynara scolymus L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 57-63.

Duro, E., Campillos, M., & Causín, S. (2003). Radiación Solar. El sol y los filtros solares. *Scielo*, 159-165.

El Mercurio. (29 de Junio de 2012). *Cultivo de papa*. Obtenido de Cultivo de papa: http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=176372

El Tiempo. (4 de Octubre de 2015). El cáncer de piel. *El Tiempo*, págs. https://www.eltiempo.com.ec/noticias/novedades/1/el-cancer-de-piel.

FAO. (2008). *Las papas, la nutrición y la alimentación*. Obtenido de Las papas, la nutrición y la alimentación: http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html

González, M. (2010). Determinación y cuantificación de metabolitos secundarios foliares en variedades y clones avanzados de Papa (Solanum tuberosum L.).

Gracia, M. (2007). *Cuantificación de Fenoles y Flavonoides Totales en Extractos Naturales*. Obtenido de Cuantificación de Fenoles y Flavonoides Totales en Extractos Naturales: https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf

Gutiérrez, D., Ortíz, C., & Mendoza, A. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal . *Centro Universitario, Cerro de las Campanas*, 1-5.

Hernández, J. (12 de Septiembre de 2013). *Nutrición mineral en plantas*. Obtenido de Nutrición mineral en plantas: https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/12/nutricion-mineral-en-plantas-i/

Inocente, M., Tomas, G., Huamán, J., Muñoz, A., García, R., Quispe, G., . . . Taype, E. (2014). Actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una loción y gel elaborados con extracts estabilizado de camu camu (Myrciaria dubia Kunth)). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 65-77.

Lazo, R. (2013). Medidas preventivas para la exposición a radiación solar de trabajadores. *EsSalud*, 1-4.

León, V. (2007). Fotoprotección-Fotoeducación. En G. Calero, & J. Ollague, *Dermatología Práctica. Actualización de conocimientos y Experiencia docente.* Guayaquil: Laboratorios INTERPHARM DEL ECUADOR S.A.

Linares, N. (Junio de 2013). *Plantas Medicinales*. Obtenido de Plantas Medicinales: http://www.fademur.es/_documentos/ponencias/Ponencia_Fademur_farmacia_OK.pdf

Llanos, E. (2009). Capacidad antioxidante de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) con y sin cáscara: blanca, amarilla y rosada . Lima, Perú.

Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *La Sallista*, 129-162.

Mancero, L. (Febrero de 2007). Estudio de la Cadena de Papa. Sierra, Ecuador.

Mannise, R. (8 de Agosto de 2012). *Protector solar natural*. Obtenido de Protector solar natural: https://ecocosas.com/salud-natural/protector-solar-natural/?cn-reloaded=1

Marcial, J. (Agosto de 2013). *Obtención de Diferentes Productos Alimenticios (Hamburgues y Embutidos) a partir de Residuos Orgánicos (Cáscaras de Papa).* Obtenido de Obtención de Diferentes Productos Alimenticios (Hamburgues y Embutidos) a partir de Residuos Orgánicos (Cáscaras de Papa): http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3649/1/1110.pdf

Marín, D., & Del Pozo, A. (2005). Filtros solares. Características, tipos y requerimientos. *Elsevier*, 175-178.

Medina, K., & Echaiz, M. (2019). Actividad antioxidante y fotoprotectora UVB in vitro de una crema dermocosmética elaborada con el extracto acuoso liofilizado del tubérculo de Dioscorea trifida L.f. (sacha papa morada) . Lima, Perú.

Mínguez, M., Pérez, A., & Hornero, D. (s.f.). Grupo de química y bioquímica de pigmentos. *Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples "colorantes" naturales*. Sevilla, España.

Ministerio de Agricultura. (20 de Junio de 2017). *Propiedades y Beneficios de la Papa*. Obtenido de Propiedades y Beneficios de la Papa: https://www.papachile.cl/propiedades-y-beneficios-de-la-papa/

Ministerio de Sanidad y Consumo, Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos; Asociación Española Contra el Cáncer. (8 de Octubre de 2012). Guía de Protección Solar. *Recomendaciones para comprender el etiquetado de los fotoprotectores y elegir el producto adecuado.* España.

Morales, J. (2018). Formulación de un protector solar a base de extracto de maíz (Zea mays) y determinación de su calidad. Riobamba, Ecuador.

Moriana, L. (29 de Marzo de 2018). *Cómo hacer un protector solar natural*. Obtenido de Cómo hacer un protector solar natural: https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-un-protector-solar-natural-1240.html

Moya, T., & Osorio, R. (2017). Actividad fotoprotectora de formulación tópica a base del extracto hidroalcohólico de Fragaria vesca L. (fresa). Lima, Perú.

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

Natura Foundation. (9 de Septiembre de 2016). Flavonoides. Terapia ortomolecular.

Organización Mundial de la Salud. (2003). *Índice UV Solar Mundial. Guía Práctica*. Obtenido de Índice UV Solar Mundial. Guía Práctica: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42633/9243590073.pdf;jsessionid=C255ADC1B8C38F24A52734A9BF139944?sequence=1

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Radiación ultravioleta*. Obtenido de Radiación ultravioleta: https://www.who.int/topics/ultraviolet_radiation/es/

Pacheco, D. (2018). Formulación de un protector solar a base de extracto de ñachag (Bidens andicola) y determinación de su calidad. Riobamba, Ecuador.

Peñarrieta, M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Villa, J., & Bravo, J. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 68-81.

Pérez, P. (s.f.). *La papa o patata*. Obtenido de La papa o patata: http://www.centrodesaluddeaguimes.com/nutripapa.htm#.W_70IWhKjIU

Porras, C., & Brenes, A. (2015). Calidad de los tubérculos y componentes de rendimiento de híbridos F1 de papa (Solanum tuberosum). *Agronomía Costarricense*, 37-46.

Proaño, D. (2017). Determinación de la actividad fotoprotectora in vitro de los extractos de Chusquea sp. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Prudencio, J., & Bustamente, E. (2018). Determinación in vitro de la actividad fotoprotectora UVB en una crema de protección solar formulada con extracto hidroglicólico de Lepidium meyenii (Maca). Lima, Perú.

Roca, L. (s.f.). Protección solar. *Quemaduras solares*.

Rojas, C. (2017). Determinación de compuestos fenólicos con capacidad antioxidante en papa (Solanum tuberosum L.) nativa variedad Huagalina de la Región La Libertad. Trujillo, Perú.

Salas, A. (2016). Actividad antioxidante y factor de protección solar de cáscara de Ananas comosus (L.) Merrill "piña". Trujillo, Perú.

Samillan, A. (2018). Capacidad antioxidante, regeneradora y factor de protección solar del liofilizado de Passiflora edulis "maracuyá" y desarrollo de una crema. Trujillo, Perú.

Scartezzini, P., Antognoni, F., Raggi, M., Poli, F., & Sabbioni, C. (2006). Vitamin C content and antioxidant activity of the fruit and of the Ayurvedic preparation of Emblica officinalis Gaertn. *Elsevier*, 113-118.

Soto, M., Ruesta, J., & Meregildo, R. (2014). Capacidad antioxidante in vitro de cuatro variedades de tubérculos de Solanum tuberosum L. "Papa" (cruda y cocida, con y sin cáscara) frente al 2,2-difenil-1-picrilhidrazil. *Tzhoecoen*, 243-259.

Tapia, M., & Fries, A. (2007). Guía de campo de los Cultivos Andinos. Lima, Perú.

Valenzuela, C. (s.f.). *Plantas medicinales: ¿cómo extraer sus principios activos?* Obtenido de Plantas medicinales: ¿cómo extraer sus principios activos?: https://claravalenzuela.com/plantas-medicinales/

Villagarcía, S. (2016). La nutrición mineral y la fertilización de la papa. En M. Sánchez, *Cultivo de la papa en Ancash* (págs. 56-67). Ancash.

Weshahy, A., & Rao, V. (2009). Isolation and characterization of functional components from peel samples of six potatoes varieties growing in Ontario. *Food Research International*, 1062-1066.

Weshahy, A., Nokety, M., & Rao, V. (2013). Effect of storage on antioxidant activity of freeze-dried potato peels. *Food Research International*, 507-512.

Yapuchura, R. (2010). Identificaciòn de los compuestos fenólicos antioxidantes de la Inca muña (Clinopodium bolivianum). Tacna, Perú.

Young, A., Claveau, J., & Rossi, A. (2016). Ultraviolet radiation and the skin: Photobiology and sunscreen photoprotection. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 100-109.

Yungán, D. (2019). Formulación y Control de Calidad de un protector a base de cedrón (Aloysa triphylla). Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Zaragozano, J., Bueno, M., & Moreno, L. (2016). Quemadura solar y fotodermatosis. *Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Zaragoza*, 48-58.

Zavala, E. (2017). Capacidad antioxidante, regeneradora y factor de protección solar de la cáscara de Mangifera indica L. "mango". Trujillo, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1. LISTA DE ABREVIATURAS

E: Extracto

FPS: Factor de Protección Solar

UV: Radiación ultravioleta

UVB: Radiación ultravioleta B

DPPH: 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo

IC_{50}: Concentración necesaria para disminuir en un 50% la actividad antioxidante.

ANOVA: Análisis de la varianza

µg: Unidad de masa: microgramos

mg: Unidad de masa: miligramos

g: Unidad de masa: gramos

µL: Unidad de volumen: microlitro

mL: Unidad de volumen: mililitro

L: Unidad de volumen: litro

AC: Ácido Gálico

GAE: Equivalente de ácido gálico

Eq: Equivalente

FC: Folin Ciocalteu

rpm: Revoluciones por minuto

ppm: partes por millón

nm: Longitud de onda: nanómetros

°C: Grado Celsius

ANEXO 2. MEDICIÓN DEL FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR -FPS-

Figura 13. Espectrofotómetro JASCO V-630.

Fuente: Autora

Figura 14. Pesaje de 1 gramo del extracto alcohólico para la posterior dilución

Fuente: Autora

Figura 15. Pesaje de 1 gramo del extracto glicólico para la posterior dilución.

Fuente: Autora

ANEXO 3. CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS

Figura 16. Extracto alcohólico y glicólico aforado con agua mili-Q.

Fuente: Autora

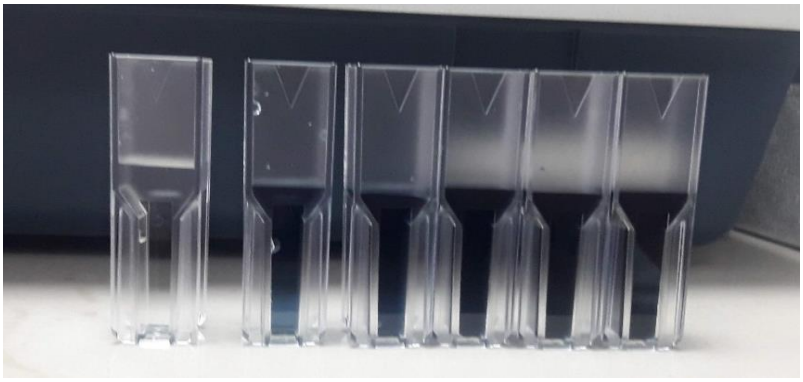


Figura 17. Celdas con las muestras de ácido gálico para la construcción de la curva de calibración.

Fuente: Autora

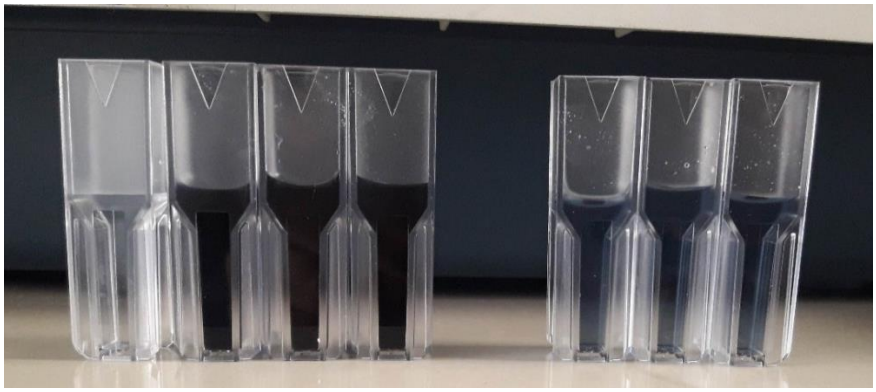


Figura 18. Celdas con las muestras del extracto alcohólico y glicólico para su lectura

Fuente: Autora

ANEXO 4. ENSAYO DE DPPH

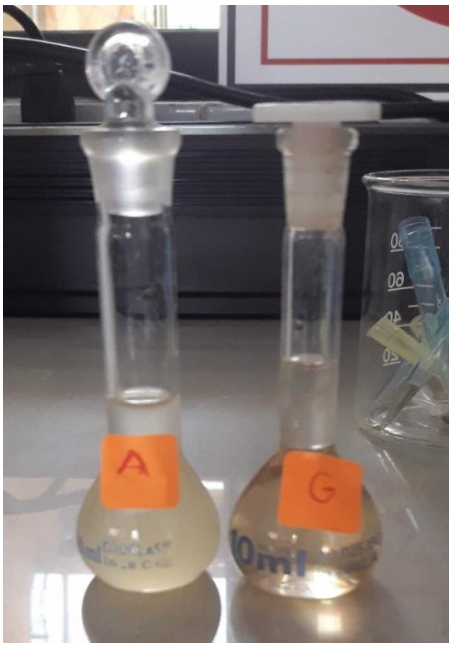


Figura 19. Dilución 1:10 en etanol al 96% del extracto alcohólico y glicólico.

Fuente: Autora

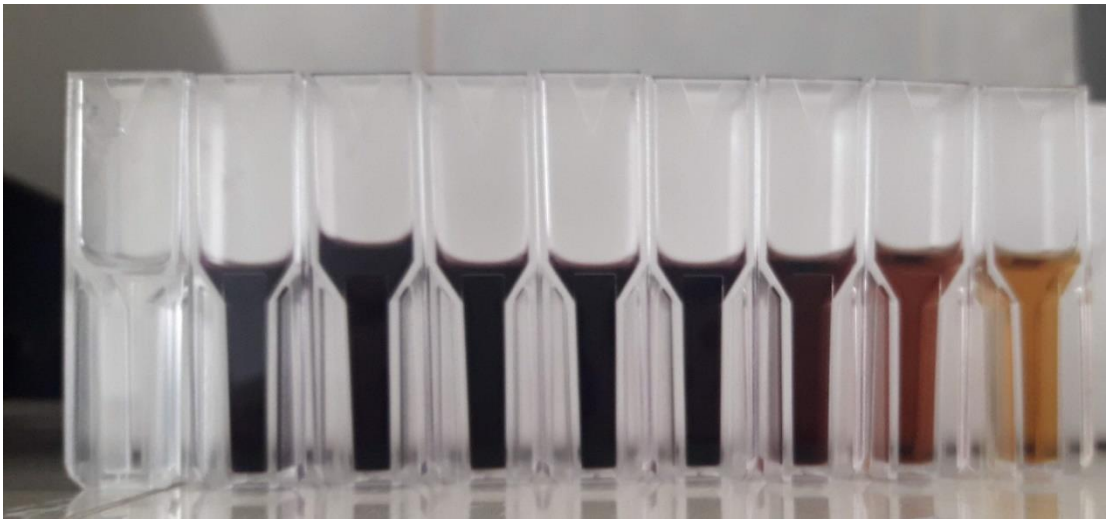


Figura 20. Celdas con las muestras de ácido ascórbico puro o en polvo para la construcción de la curva de calibración.

Fuente: Autora

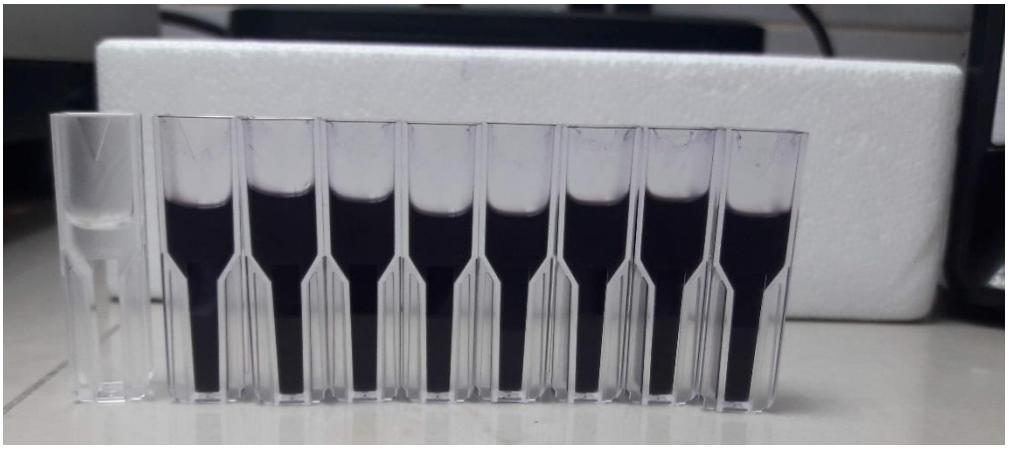


Figura 21. Celdas con las muestras del extracto alcohólico para su posterior lectura.

Fuente: Autora

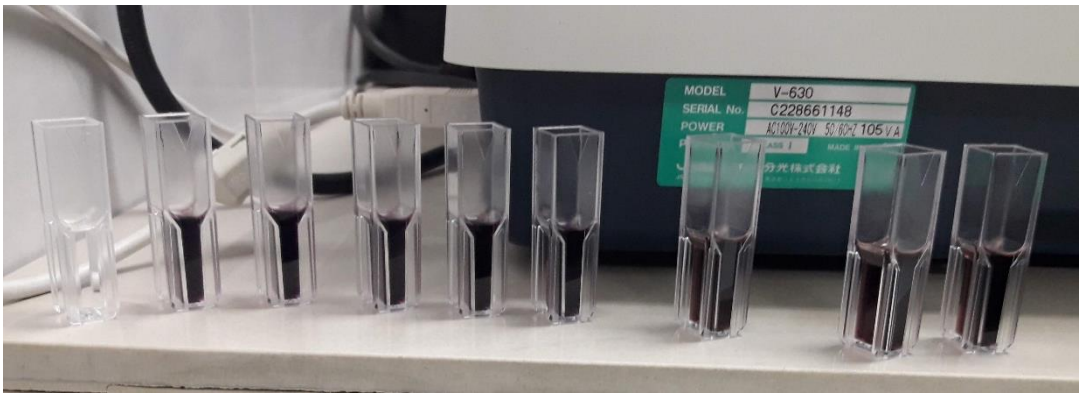


Figura 22. Celdas con las muestras del extracto glicólico para su posterior lectura.

Fuente: Autora

ANEXO 5. GRÁFICOS DE NORMALIDAD

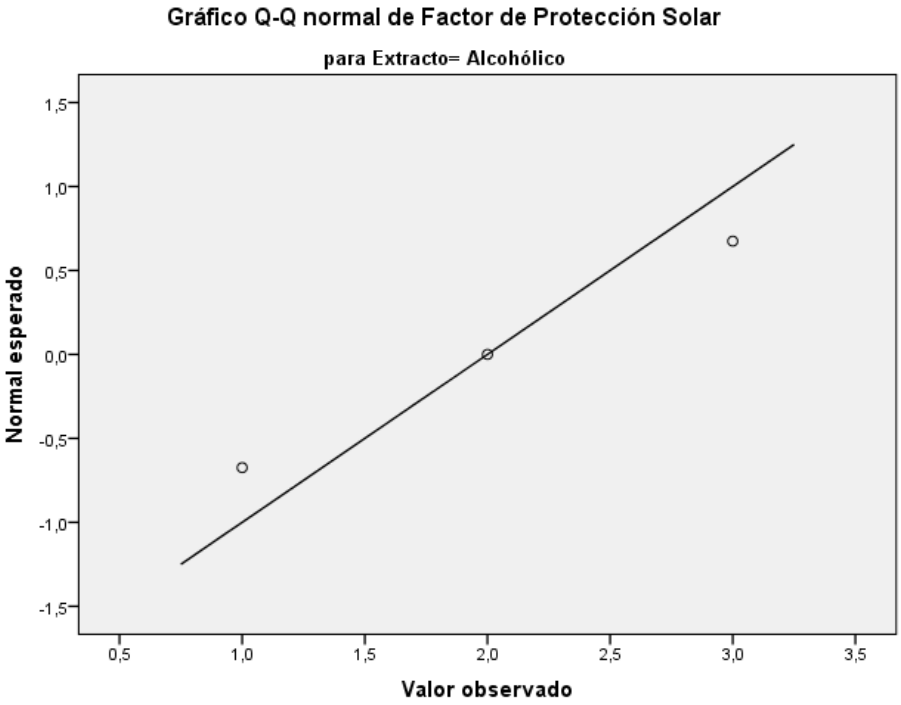


Figura 23. Gráfico Q-Q normal de Factor de Protección Solar para el extracto alcohólico.

Fuente: Autora

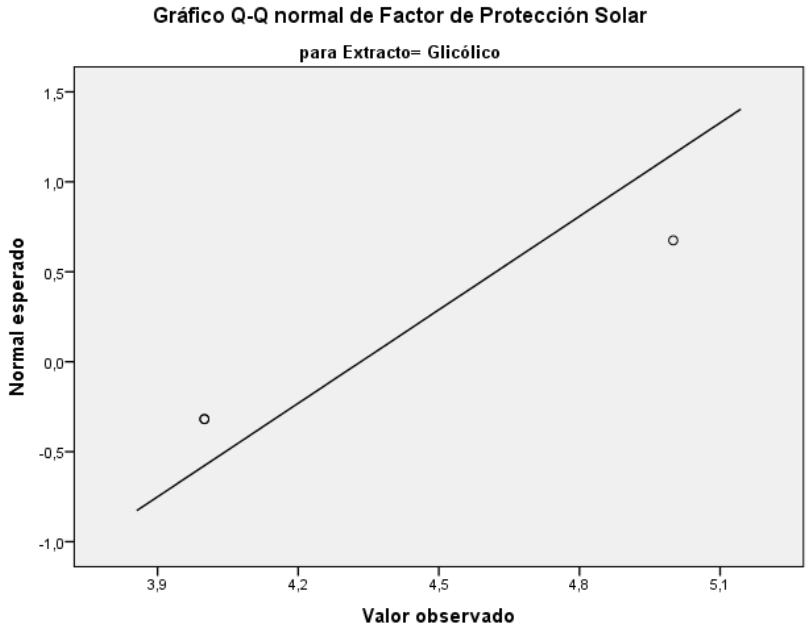


Figura 24. Gráfico Q-Q normal de Factor de Protección Solar para el extracto glicólico.

Fuente: Autora

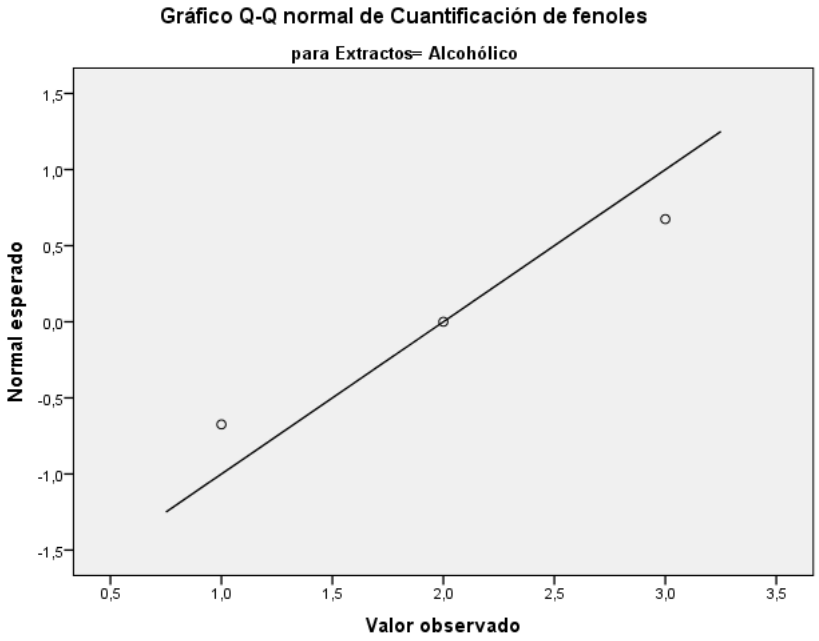


Figura 25. Gráfico Q-Q normal de cuantificación de fenoles para el extracto alcohólico.

Fuente: Autora

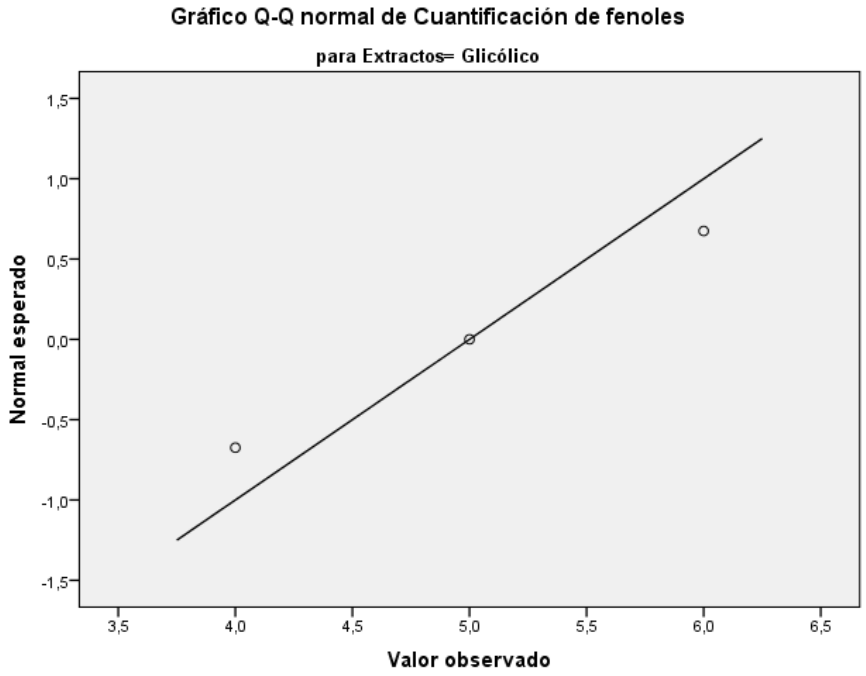


Figura 26. Gráfico Q-Q normal de cuantificación de fenoles para el extracto alcohólico.

Fuente: Autora

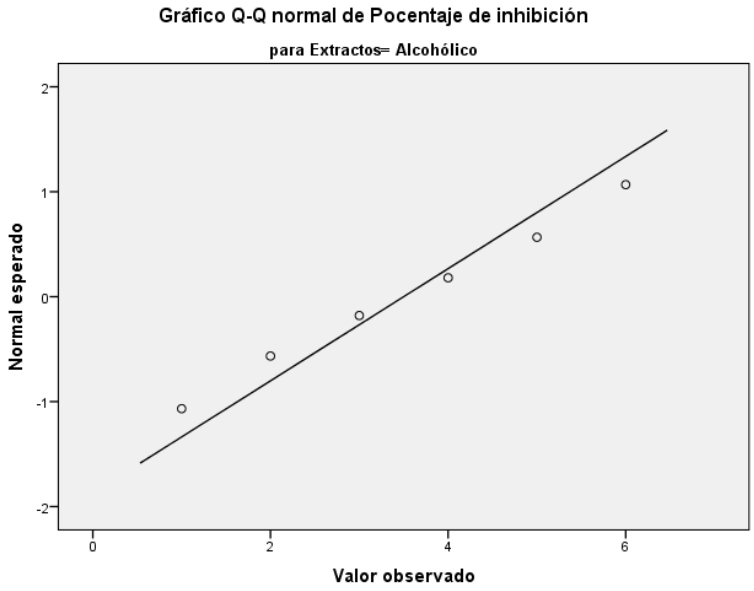


Figura 27. Gráfico Q-Q normal de Porcentaje de Inhibición para el extracto alcohólico.

Fuente: Autora

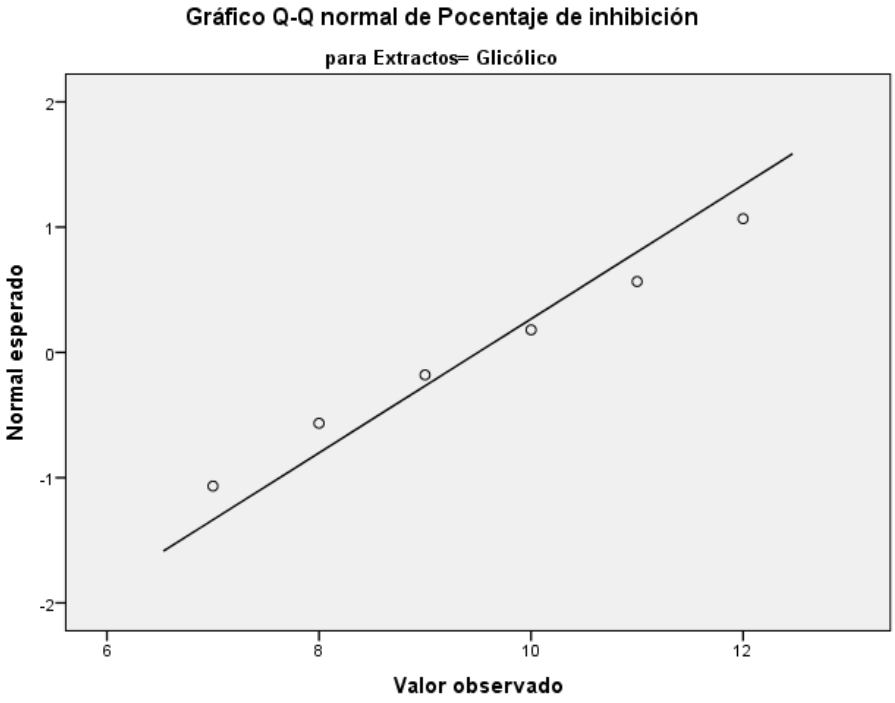


Figura 28. Gráfico Q-Q normal de Porcentaje de Inhibición para el extracto glicólico.

Fuente: Autora

ANEXO 6. CREMA DE PROTECCIÓN SOLAR

Figura 29. Aceite de coco.

Fuente: Autora

Figura 30. Cera de abeja.

Fuente: Autora

Figura 31. Manteca de cacao.

Fuente: Autora

Figura 32. Aceite de coco, cera de abeja y manteca de cacao derretidos.

Fuente: Autora

Figura 33. Cápsulas de vitamina E

Fuente: Autora

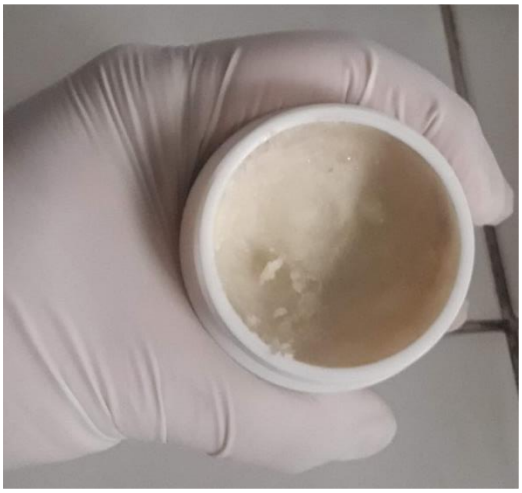


Figura 34. Crema de protección solar

Fuente: Autora