

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA



FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEÚTICAS Y BIOQUÍMICA
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE QUÍMICO FARMACÉUTICO Y
BIOQUÍMICO

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y
FOTOPROTECTORA *in vitro* DE LA CREMAGEL ELABORADO CON
EXTRACTO ACUOSO DE LA CÁSCARA DE LA VARIEDAD
AMARILLA DEL FRUTO DE *Opuntia ficus-indica* (tuna)

TESISTAS:

Bach. RUTH ESTHER HUAMANI INCA

Bach. INÉS MARIANELA SANTOS GUILLEN

ASESOR:

Mg. MIGUEL ÁNGEL INOCENTE CAMONES

LIMA – PERU

2019

DEDICATORIA

Se lo dedicamos al forjador de nuestro camino, a nuestro padre celestial, el que nos acompaña siempre y nos levanta de nuestro continuo tropiezo al creador, de nuestros padres y de las personas que amamos, con nuestro más sincero amor.

Bach. Ruth Esther Huamani Inca

Bach. Inés Marianela Santos Guillen

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarnos a llegar hasta este punto donde nos encontramos.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirnos sus conocimientos y dedicación.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FOTOPROTECTORA *in vitro* DE LA CREMAGEL ELABORADO CON EXTRACTO ACUOSO DE LA CÁSCARA DE LA VARIEDAD AMARILLA DEL FRUTO DE *Opuntia ficus-indica* (tuna)

Resumen

Se realizó a partir de los desechos de cáscara de tuna, aprovechando este residuo, se determinó mediante tamizaje fitoquímico que presenta flavonoides, compuestos fenólicos y taninos. Luego de ello se elaboraron extractos acuosos a concentraciones de 10%, 20% y 50%. Se determinó los compuestos fenólicos, a partir de ello el extracto acuoso de 50%, fue quien obtuvo mayor cantidad de fenoles y fue el elegido para elaborar las 3 formulaciones de crema gel, y se realizó la determinación *in vitro* del Factor de protección solar, de las formulaciones obteniendo la formulación, compuesta de filtro solar, extracto acuoso, ácido ascórbico y excipientes. A esta formulación se evaluó la capacidad antioxidante con el radical libre DPPH. Se llevó a leer al espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Scientific) las formulaciones, obteniendo una cremagel con una actividad antioxidante de 155,67 μmol equivalente Trolox/mL y FPS de 7.699.

Palabras clave: flavonoides, *Opuntia ficus*, antioxidante, cremagel, *in vitro*.

EVALUATION OF THE IN vitro ANTIOXIDANT AND PHOTOPROTECTOR ACTIVITY OF CREMAGEL ELABORATED WITH AQUATIC EXTRACT OF THE YELLOW VARIETY OF THE FRUIT VARIETY OF *Opuntia ficus-indica* (prickly pear)

Summary

It was made from the waste of prickly peel, taking advantage of this residue, it was determined by phytochemical screening that presents flavonoids, phenolic compounds and tannins. After that, aqueous extracts were prepared at concentrations of 10%, 20% and 50%. The phenolic compounds were determined, from which the 50% aqueous extract was the one who obtained the greatest amount of phenols and was chosen to make the 3 gel cream formulations, and the in vitro determination of the Sun Protection Factor was made, of the formulations obtaining the formulation, composed of sunscreen, aqueous extract, ascorbic acid and excipients. At this formulation the antioxidant capacity was evaluated with the DPPH free radical. The formulations were read to the spectrophotometer UV-Vis (Thermo Scientific), obtaining a cremagel with an antioxidant activity of 155.67 μmol equivalent Trolox / mL and SPF of 7,699.

Keywords: flavonoids, *Opuntia ficus*, antioxidant, cremagel, *in vitro*.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la continua exposición a los rayos solares UV, la UV A son los responsables del envejecimiento celular y causar daño en la piel a largo plazo, los UVB están estrechamente relacionados a las quemaduras solares, ambos rayos son causantes de daños en la piel y quemaduras solares y cáncer. La radiación ultravioleta causa diversas consecuencias a nivel sistémico que resultan de las modificaciones en los mecanismos de defensa contra radicales libres producidos por estrés oxidativo, que producen daños en las superficies de la piel produciendo enrojecimientos, quemaduras solares, manchas producidas por la exposición continua al sol, foto dermatitis, fotosensibilidad, fotoenvejecimiento, que dan lugar a modificaciones mutaciones del ADN, causando cáncer de piel¹.

La actual predisposición sobre el autocuidado y prevención a la sobreexposición solar, nos han llevado a la elaboración de un producto cosmético como lo es la cremagel antioxidante con efecto fotoprotector y el uso de activos naturales como parte de la formulación, debido al interés de la población por prevenir enfermedades².

Las formulaciones se potencian y mejoran su actividad al añadir principios activos como los flavonoides, betalaínas, terpenos, carotenoides y antocianinas que brindan la posible actividad fotoprotectora que es la que se le atribuye la protección contra los efectos nocivos de la radiación y disminuye la radiación³.

La gran variedad de recursos naturales que existen el Perú nos permitirá desarrollar productos cosméticos con diversos principios activos que podrían ayudar a prevenir patologías relacionadas con la exposición a la radiación solar⁴.

ÍNDICE

Acta de sustentación

Dedicatoria

Agradecimiento

Abreviaturas

Índice de tablas

Índice de figuras

Índice de anexos

Resumen

Abstract

ÍNDICE

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	14
1.2.1 Problema general	14
1.2.2 Problemas específicos	14
1.3. Objetivos	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación	15

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio	16
2.1.1 Nacionales	16
2.1.2 Extranjeros	16

2.2. Bases teóricas	19
2.2.1 <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller	19
2.2.1.1 Familia de las Cactáceas	19
2.2.1.2 Clasificación taxonómica	19
2.2.1.3 Aspectos botánicos	20
2.2.1.4 Distribución y hábitat	20
2.2.1.5 Composición de la <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna)	20
2.2.2 Radiación	21
2.2.2.1 Tipos de radiación solar	21
2.2.2.2 Radiación solar	22
2.2.2.3 Radiación solar en el Perú	22
2.2.2.4 Efectos de la radiación ultravioleta	23
2.2.2.5 Cáncer de piel	24
2.2.2.6 Fotoenvejecimiento	24
2.2.3 Fotoprotección	25
2.2.4 Fototipos	25
2.2.5 Tipos de fotoprotectores	26
2.2.6 Factor de Protección Solar (FPS)	26
2.3. Hipótesis	27
2.3.1 Hipótesis general	27
2.3.2 Hipótesis específicas	27
2.4. Variables	28
2.4.1 Tabla de operacionalización de variables	28

2.5 Marco conceptual	29
2.5.1 Antioxidante	29
2.5.2 Fotoprotector	33
CAPITULO III: METODOLOGÍA	
3.1 Tipo de estudio	36
3.2 Diseño a utilizar	36
3.3 Población	36
3.4 Muestra	36
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.5.1 Parte Experimental	37
3.5.1.1 Materiales, equipos y reactivos	37
3.5.1.2 Obtención y elaboración de extractos acuoso con las cáscaras de tuna	38
3.5.1.3 Estudio fitoquímico de los extractos acuosos	38
3.5.1.5 4 Cuantificación de compuestos fenólicos	39
3.5.1.6 5 Evaluación de la capacidad antioxidante del extracto Acuoso	40
3.5.1.6.6 Desarrollo de las formulaciones fotoprotectoras	41
3.5.1.6.7 Análisis fisicoquímico y sensorial del producto terminado	41
3.5.1.6.8 Determinación de pH de la cremagel	42
3.5.1.6.9 Determinación in vitro del Factor de Protección Solar (FPS) de las formulaciones	

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados	46
4.2 Contrastación de hipótesis	47
4.3 Discusión de resultados	47

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	48
5.2 Recomendaciones	48

REFERENCIAS	49
--------------------	----

ANEXOS	54
---------------	----

Matriz de consistencia	55
-------------------------------	----

Certificación botánica	56
-------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes de la <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna)	21
Tabla 2. Tipos de Radiaciones	22
Tabla 3. Operacionalización de las variables	28
Tabla 4. Formulaciones de la cremagel	41
Tabla 5. Relación del efecto eritemogénico (EE) frente a la intensidad de la Radiación (I) en cada longitud de onda	43
Tabla 6: Ensayo organoléptico del extracto acuoso	44
Tabla 7: Tamizaje fotoquímico	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Radiación solar en el Perú	23
Gráfico 2. Fotoenvejecimiento	25
Gráfico 3. Tamizaje fitoquímico alcaloides, saponinas y flavonoides	38
Gráfico 4. Tamizaje fitoquímico compuestos fenólicos, taninos	39
Gráfico 5: Factor de protección de la cremagel de <i>opuntia ficus - indica</i> (tuna)	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	55
Anexo 2. Certificado botánico	56
Anexo 3. Herborizado de la <i>Opuntia ficus indica</i> (tuna)	57
Anexo 4. Selección y corte de la cáscara de <i>Opuntia ficus indica</i> (tuna)	58
Anexo 5. Extractos acuosos de <i>Opuntia ficus indica</i> (tuna)	59
Anexo 6. Calibración del blanco para la lectura de la muestra con DPPH	60
Anexo 7. Lectura de las absorbancias para determinar la capacidad antioxidante	60
Anexo 8. Cuantificación del Factor de protección solar	61
Anexo 9. Lectura de las absorbancias en el espectrofotómetro del FPS	61
Anexo 10. Tabla sobre el factor de protección de la cremagel de <i>Opuntia ficus</i> y lecturas UV de las formulaciones comparadas	62

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según la Organización Mundial de la Salud la continua sobreexposición a la radiación UV es un factor de riesgo de gran importancia para la mayoría de las personas para que se pueda desarrollar el cáncer de piel. Como fuente principal se tiene a la luz solar que es la fuente de radiación UV, otras maneras de exponerse a las radiaciones de sesiones bronceadoras, que prometen un bronceado sin necesidad de exponerse al sol, de manera rápida, no es segura la exposición de manera continua a los rayos UV, siendo un factor de riesgo de padecer enfermedades en la piel como el cáncer⁵.

En el mundo uno de los tipos de cáncer más frecuente es el cáncer de piel, que va en aumento debido a la exposición solar temprana, el uso de cámaras bronceadoras, la falta de uso de bloqueadores solares ha llevado al desarrollo de neoplasias en piel⁵.

Se ha elaborado una guía por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), debido a que en el mundo, ha surgido un gran incremento de incidencia de cánceres de piel, esta guía está desarrollada para poder abordar la problemáticas de tener una población que guste de tener un bronceado, pero que este sea saludable, y no se use cámaras solares para dicho fin, que se cumplan las medidas de seguridad en contra la radiación y así frenar este aumento en el mundo del cáncer de piel y cambiar los hábitos de las personas para prevenirlo⁵.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

1. ¿El extracto acuoso de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna) presentará actividad antioxidante y fotoprotectora *in vitro* en la cremagel con filtro solar?

1.2.2 Problemas específicos

1. Cuáles son los metabolitos secundarios del extracto acuoso de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna).
2. Cuál será la actividad antioxidante de la cremagel con filtro solar y extracto de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna).
3. Cuál será el valor del Factor de Protección Solar de la formulación de cremagel con filtro solar y extracto acuoso de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna)

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

1. Evaluar la actividad antioxidante y fotoprotectora *in vitro* de la cremagel con filtros solares y extracto acuoso de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna)

1.3.2 Objetivos específicos

1. ¿La cremagel con filtro solar y extracto de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna) presentará actividad antioxidante y fotoprotectora *in vitro* en la cremagel con filtro solar?
2. ¿Cuál será el Factor de Protección Solar de la formulación de cremagel con filtro solar y extracto acuoso de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna)?

1.4 Justificación

Debido a la necesidad actual sobre el conocimiento y prevención sobre la fotoprotección, tomando en consideración que día a día estamos más expuestos a la radiación solar UV y a sufrir las consecuencias que dañan la piel, llevando en muchos casos a desarrollar cáncer de piel, presentamos una alternativa desarrollada a base de un recurso natural como el extracto acuoso de cáscara de tuna, que debido a su capacidad antioxidante proporcionará a la crema gel elaborada con efecto fotoprotector, mejores beneficios debido a la introducción del extracto con los bioactivos naturales para potenciar el efecto protector ⁶.

Deseamos crear conciencia de prevención sobre la sobreexposición solar, para que puedan estar informados y no sufran las consecuencias adyacentes a los daños de la radiación solar UV sin filtros de fotoprotección⁶.

En el Perú el cáncer es una de las enfermedades de mayor incidencia y el cáncer de piel va en aumento ocasionando un gasto económico adicional al de cubrir las necesidades, asimismo los residuos como cáscaras ejemplo de tuna no son aprovechadas de la manera correcta, ante ello hemos dado un uso innovador y que va de la mano con la labor de sostenibilidad del medio ambiente al no depredar nuestra flora, dando como resultado un producto fotoprotector de muy alta calidad y activos naturales⁷.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1 Nacionales

Meza (2014)⁸, evaluó el efecto de la temperatura de concentración en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa concentrada de (*Opuntia spp*), además se evaluó el contenido de carotenos, vitamina C, fenólicos totales y obtuvo una concentración de 52.5 mg de betacaroteno/100 g de muestra en la pulpa sin concentración y de 51.91, 51.0 y 49.4 mg de betacaroteno/100 g de muestra, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos de T° 40 y 50° C y la pulpa sin tratamiento, y determinaron una relación directa entre la capacidad antioxidante y la vitamina C, betacaroteno y compuestos fenólicos siendo estos de 0.7174, 0.6642, 0.9937 respectivamente.

Guzmán et al (2007)⁹, determinaron los nutrientes básicos para el consumo humano evaluaron proteínas, fibras, grasa, cenizas, carbohidratos, minerales, vitamina C, y realizaron análisis de aceptabilidad con buenos resultados. Los productos elaborados con *Opuntia* tuvieron gran aceptación por las personas.

2.1.2 Extranjeros

Salehi et al (2019)¹⁰, evaluaron la capacidad antioxidante y propiedades funcionales, además, determinaron las propiedades fisicoquímicas estructurales y funcionales de una nueva fuente de hidrocoloide, se obtuvo un buen espesante y estabilizante. Determinaron la actividad antioxidante frente a los radicales anti- DPPH, contrastando antecedentes previos resultando que la *Opuntia* presenta capacidad contra los radicales libres, se puede dar uso como espesante, estabilizante.

Medina et al (2011)¹¹, estudiaron las propiedades antioxidantes de los extractos obtenidos de *Opuntia*, evaluaron los compuestos bioactivos contenidos, como contenido total de polifenoles, flavonoides, flavonol, caroteno y ácido ascórbico. Determinaron que las mejores condiciones de almacenamiento y conservación se dieron a temperaturas de secado de 45°C los bioactivos como fenoles, flavonoides, B- caroteno y ácido ascórbico se mantuvieron a esas condiciones.

Bensadón et al (2010)¹², determinaron el valor nutricional de los subproductos obtenidos de cladodios y frutas de dos variedades de *Opuntia ficus-indica*, evaluaron que contiene gran cantidad de fibra dietética y gran cantidad de compuestos antioxidantes naturales y que pueden usarse en la aplicación de los productos funcionales.

Sáenz et al (2009)¹³, realizaron microcápsulas mediante un secado por pulverización de compuestos bioactivos de (*Opuntia ficus-indica*) y se determinó presencia de antioxidantes debido a ello se puede usar como aditivo alimentario de manera funcional. También se mostraron resultados de una recuperación de compuestos activos, los mucilagos son los responsables del proceso de encapsulación debido a su composición química.

Castro et al (2009)¹⁴, estudiaron el cultivo de la tuna en sus propiedades antioxidantes cuyo potencial fue reconocido por la FAO, los primeros reportes de la colonia sobre la *Opuntia ficus indica* en el Perú fueron realizados por cronistas como Pedro Rivera en el 1586 se supo que difieren de los árboles se da su aprovechamiento como forraje en ganadería.

Monroy- Gutiérrez et al (2009)¹⁵, determinaron los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante, fenólicos, vitamina C, betalainas, carotenos de la *Opuntia ficus indica*. Debido a ello se pueden añadir en la formulación de productos alimentarios debido a su composición de alto valor nutricional.

Tesoriere et al (2005)¹⁶, estudio de biotioles, taurina y antioxidantes solubles en lípidos en la *Opuntia* y evaluaron el jugo bioactivo en el procesamiento industrial. Midieron en los cultivos obteniendo taurina $11.7\text{mg} \pm 1.0 \text{ mg}$, cisteína $1.21 \pm 0.12 \text{ mg}$, la pulpa comestible de *Opuntia* no fue una fuente de flavonoles y vitaminas liposolubles como vitamina E.

Kuti JO et al (2004)¹⁷, investigaron los compuestos antioxidantes en extractos de cuatro variedades de *Opuntia*, el flavonoide más abundante es la quercetina, también obtuvieron mayor cantidad de ácido ascórbico 815ug en los frutos de *Opuntia* cascara roja, carotenoides 23.7ug en cáscaras de frutos de *Opuntia* variedad amarilla, los frutos de cactus son una fuente rica de antioxidantes naturales para los alimentos que pueden atribuirse a los flavonoides.

Chae Lee et al (2002)¹⁸, estudiaron la propiedad antioxidante de un extracto de etanol del tallo de *Opuntia ficus-indica* var. Saboten evaluaron y determinaron determinar el mecanismo de la actividad antioxidante., el extracto mostró actividad de eliminación de

radicales libres dependiente de la dosis, incluidos los radicales DPPH, el extracto se caracterizó por contener una alta cantidad de compuestos fenólicos (180,3 mg / g), que podrían ser los compuestos activos responsables de las propiedades antioxidantes.

Butera et al (2002)¹⁹, evaluación de las propiedades reductoras de las betalainas de la actividad antioxidante de los extractos de *Opuntia*, los extractos inhibieron la oxidación de lípidos de la membrana de glóbulos rojos orgánicos, la variedad amarilla fue la que obtuvo la mayor capacidad reductora. Investigaron la distribución de betalaínas y midieron la capacidad antioxidante de los extractos metanólicos de pulpa comestible de *Opuntia* asimismo midieron la capacidad reductora de la betanina purificada y la indicaxantina resultando más efectivas que Trolox para eliminar el radical catiónico de la sal de [2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)] diamonio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

La *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller es una planta de gran importancia en la región del ande peruano, pertenece a la especie de los cactus familia de las cactáceas que crece a lo largo del litoral peruano; es una de las frutas más conocidas y consumidas también se le conoce por otros nombres como; tuna, pupa²⁰.

2.2.1.1 Familia de las Cactáceas

Conocidos como los cactus es una familia de plantas dentro de las cuales se encuentra la *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, las cactáceas comprende unas 2000 especies de plantas y se desarrollan generalmente en zonas áridas y semiáridas debido a que las especies de *Opuntia* se adaptaron produciéndose diferentes características físicas también morfológicas, fisiológicas y bioquímicas debido al medio ambiente en el cual se distribuyen y llegan a la madurez²⁰.

2.2.1.2 Clasificación taxonómica²⁰

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Opuntioideae

Género: *Opuntia*

Especie: *ficus-indica*

Nombre binomial: *O. ficus-indica* (L.) 1768 Mill.

2.2.1.3 Aspectos botánicos

Opuntia ficus-indica (L.) Miller es un arbusto que se desarrolla y alcanza una altura de 3 a 5 metro, de aspecto de tronco leñoso, se distribuye a lo largo de todo el territorio peruano generalmente en zonas áridas, desérticas presenta unos tallos aplanados llamados pencas y/o cladodios miden hasta 60 centímetros de largo, de coloración verde sin hojas, con espinas, las flores son de color amarillo, blanco y rojo, sus frutos son bayas esféricas de color verde que cambian a otros colores cuando maduran adquieren un sabor dulce muy agradable al paladar²⁰.

2.2.1.4 Distribución y hábitat

A lo largo del Perú la *Opuntia ficus indica* se encuentra distribuida en los andes peruanos, pero se encuentra también otras regiones y países del continente americano. Su crecimiento y desarrollo se da en terrenos áridos, semiáridos, existen factores ambientales que afectan su desarrollo como las temperaturas extremas, la falta de agua, las plantas del género *Opuntia* necesitan un clima con lluvias para su proliferación suele crecer en suelos arenosos con un pH alcalino y a una altitud de 800 y 2500 m.s.n.m. también pueden darse a altitudes menores en la costa. La *Opuntia* puede alcanzar hasta 80 años en el hábitat adecuada y en condiciones apropiadas y libre de contaminantes del suelo²⁰.

2.2.1.5 Composición de la *Opuntia ficus-indica* (tuna)

La *Opuntia ficus-indica* (tuna) contiene agua, carbohidratos, proteínas, minerales, los cladodios jóvenes y maduros presentaron variación en su composición al ser estudiados²⁰.

Tabla 1. Componentes de la *Opuntia ficus-indica* (tuna).

Componente	Cladodio de 1 mes de edad aprox.	Cladodio de 1 año de edad aprox.
Humedad%	92.57	94.33
Proteína (x6.25)	0.94	0.48
Grasa%	0.17	0.11
Fibra%	0.30	1.06
Cenizas %	0.08	1.60
Carbohidratos%	5.96	2.43
Vitamina C (mg/100g)	37.27	23.11
Ca%	0.042	0.339
Na%	0.0018	0.0183
K%	0.00098	0.145
Fe%	0.0792	0.322

Fuente: Guzmán 2007

2.2.2 Radiación

La radiación consiste en transferir energía mediante ondas electromagnéticas esto se produce de manera directa desde una fuente central a las demás direcciones. Las formas de radiaciones se dan por las cargas aceleradas de ondas electromagnéticas, por ejemplo, el calor que emite el sol, este tipo de ondas no necesitan un material o equipo para poder emitirse, pueden diseminarse y atravesar²¹.

2.2.2.1 Tipos de radiación

Los tipos de radiación pueden ser diferenciados mediante la longitud de onda en la que se les identifica, existen radiaciones de tipo ganma, radiaciones de tipo rayos x, ultravioletas tipos A, B, C; radiaciones de tipo infrarrojo que a su vez tienes subtipos A, B, C entre otros²¹.

Tabla 2. Tipos de Radiaciones.

<i>Clases de Radiación</i>	<i>Longitud de onda</i>
Rayos gamma	< 0,1 nm
Rayos X	0,1 – 100 nm
Ultravioleta A(UVA)	100 – 280 nm
Ultravioleta B(UVB)	280 – 320 nm
Visible	320 – 400 nm
Ultravioleta C(UVC)	400 – 700 nm
Infrarrojo A(IRA)	700 nm – 1,4 um
Infrarrojo B(IRB)	1,4 – 3,0 um
Infrarrojo C(IRC)	3,0 um – 1nm

Fuente: SENAMHI 2018

Las radiaciones ultravioleta tipo A (UVA), afecta biológicamente a la piel y es la responsable de enfermedades oftálmicas como las cataratas oculares. Las radiaciones ultravioletas tipo B (UVB), son las responsables de ocasionar las quemaduras solares, Las radiaciones ultravioletas tipo C, aquí se encuentran relacionadas con la radiación producida por las lámparas fluorescentes que emiten gas mercurio y este gas se está en el rango (UVC)²¹.

2.2.2.2 Radiación solar

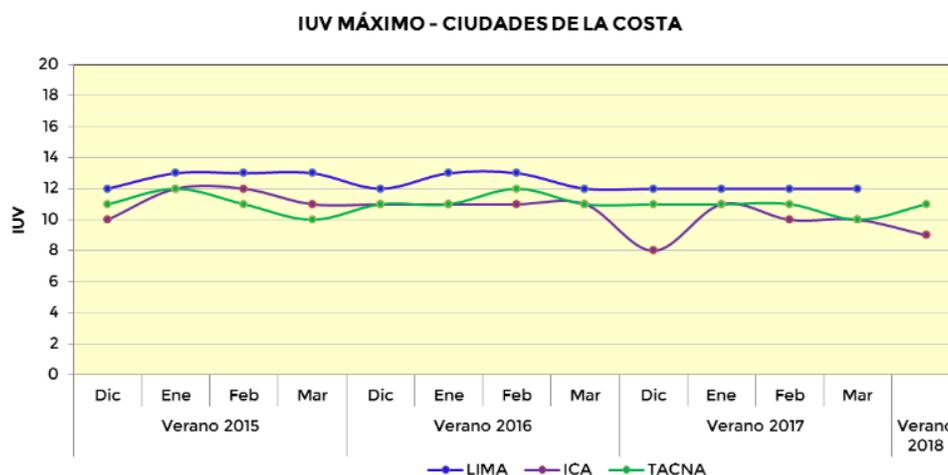
La radiación solar es llamada onda corta, la atmosfera receptiona el 100% de radiación solar y solo un 25% es lo que llega directamente a la tierra, la radiación que llega a la atmosfera es la que será dispersada y/o absorbida esto dependerá de la energía que es transmitida y de la naturaleza de la longitud de onda²¹.

2.2.2.3 Radiación solar en el Perú

En el Perú el año pasado se registraron los niveles de radiación más altos de la historia, sobre todo en las provincias de la región costera y la capital, con lo cual se dio una alerta de prevención sobre la sobreexposición de esta radiación, a lo largo de la costa y también en algunas provincias como Cusco, Arequipa de la región andina, como lo explica el grafico a continuación los niveles de algunas provincias se encuentran en rangos extremadamente altos para la salud de la población²².

Verano 2018: Radiación UV registra nivel de riesgo "Muy Alto"

Viernes, 05 de Enero 2018 | 19:00



Fuente: SENAMHI²²

En el verano registrado entre los años del 2017-2018, en la costa peruana se elevó lo niveles de radiación a una altitud de 500msnm por lo cual ciudades de la costa sur y norte del país como Lima, Callao, Ica, Piura, Tacna, Tumbes, Chiclayo, Trujillo la radiación alcanzaría los índices de UV de 12 de radiación, considerados niveles muy altos por SENAMHI, y otros departamentos alcanzarían niveles mayores²².

2.2.2.4 Efectos de la radiación ultravioleta

Uno de los efectos beneficiosos de la radiación ultravioleta está en favorecer la producción de vitamina D, pero cuando existe una sobreexposición a la radiación esta puede producir lesiones en la piel como eritemas, quemaduras solares, envejecimiento acelerado de la piel, cáncer de piel, enfermedades oculares como cataratas y disminuye la inmunidad²³.

La enfermedad con mayor incidencia relacionada a la sobreexposición a la radiación, es el cáncer de piel este afecta en mayor proporción a las personas, con pieles claras que, a las pieles más oscuras, debido a la cantidad de melamina²³.

Según la OMS la radiación ultravioleta tiene relación con alteraciones y lesiones como la activación del factor de transcripción NF-KB. Que se localiza en el citoplasma celular, que tiene un efecto antiinflamatorio; así también alteraciones del ADN, alteraciones de las células

de Langerhans en epidermis causando inmunodepresión entre otros daños ocasionados por la radiación²³.

2.2.2.5 Cáncer de piel

El cáncer de piel puede ser de tipo no melánico que son carcinomas de células basales y escamosas, es poco frecuente que lleguen a causar mortalidad, el melanoma maligno es el principal causante de muerte por cáncer de piel y es el menos frecuente. Uno de los factores de riesgo que se encuentra relacionado en muchos estudios epidemiológicos es la existencia de antecedentes de quemaduras solares y exposición solar acumulada durante años puede llevar a un melanoma maligno debido a la radiación, así como las personas claras que tienen menos pigmento de melanina, los individuos que presentan lunares asimétricos que cambian de color²⁴.

2.2.2.6 Fotoenvejecimiento

El fotoenvejecimiento es el daño causado al haber estado expuesto a por mucho tiempo al sol, quien es el responsable de las lesiones en la piel, al exponernos sin la protección adecuada el sol daña las capas de la piel como epidermis, dermis y tejido celular subcutáneo, los rayos UVA Y UVB son los principales agentes causales del fotoenvejecimiento, mientras que en un proceso fisiológico los melanocitos son los encargados de producir melanina para la epidermis y así proteger la piel de los rayos UV; causando alteraciones en la dermis, con lo cual se afecta la producción de colágeno, se activan metaloproteinasas matriciales que inician un proceso de crecimiento de células anormales resultando como consecuencia tumores (células elásticas y proteoglicanos anormales) y células cancerosas²⁵.

Gráfico 2. Fotoenvejecimiento



Fuente: Vitale 2002

2.2.3 Fotoprotección

Las medidas que se aconsejan como prevención de los efectos nocivos incluyen a la fotoprotección como uno de los pilares para evitar las enfermedades ocasionadas por la exposición solar inadecuada y continua. Es por ello que es importante evitar la exposición directa a la luz solar dos horas antes y después del mediodía, utilizar ropa protectora, utilizar fotoprotectores de amplio espectro con un FPS de 15, proteger a los menores como niños de 6 meses y evitar el uso de las lámparas bronceadoras²⁶.

2.2.4 Fototipos

Un fototipo tiene la capacidad de la piel de asimilar la radiación emitida por el sol y tiene una clasificación dada por la escala Fitzpatrick²⁶.

Fototipo tipo I: incluye a personas con piel pálida, muy blanca, en su mayoría pelirrojos, con ojos claros color azul. Son aquellas que se queman rápidamente la piel y presentan reacciones fotoalérgicas y no se broncean al exponerse al sol.

Fototipo tipo II: personas de tez blanca rubios, con ojos claros azules o verdes. Se broncean ligeramente y tienen reacciones alérgicas producidas por el sol.

Fototipo tipo III: son las personas europeas las que pertenecen llamados también de raza caucásica, de cabello castaño ojos grises, no sufren quemaduras, pero si logran broncearse.

Fototipo tipo IV: son personas con cabellos negros y castaños de piel morena con ojos negros o marrones, sufren de quemaduras mínimas y son capaces de broncearse fácilmente.

Fototipo tipo V: personas de piel y ojos muy oscuros, no suelen quemarse al exponerse al sol y se broncean fácilmente y de color muy intenso

Fototipo tipo VI: personas de piel muy oscura negra, propia de la raza, o también llamados melanodermos y pueden quemarse muy raramente.

2.2.5 Tipos de fotoprotectores

Fotoprotectores Sistémicos; se refiere a los que se pueden consumir como vía oral como el té verde que contiene polifenoles como catequinas y ácido fenólico, los betacarotenos incrementan la tolerancia a los rayos solares al presentar actividad antiradicalar frente a radicales libres producidos por la fotooxidación²⁶. Fotoprotectores Tópicos; son aquellos que dispersan la radiación o bloquean los rayos UVA y UVB, y son los protectores solares, también llamados pantallas protectoras que se desarrollan en cosmética, son protectores físicos que le han permitido a la piel poder ofrecerle un amplio espectro de protección de acuerdo al fototipo de cada persona²⁶.

2.2.6 Factor de Protección Solar (FPS)

Los protectores solares, pantallas solares, filtros solares, bloqueadores solares son formulaciones que contienen sustancias químicas que absorben o dispersan los rayos UV, brindando protección a la piel en la exposición solar y evitar la radiación solar, estos filtros solares son combinaciones de tipo inorgánico y orgánico. El Factor de Protección Solar es un indicador que nos proporciona el tiempo que podemos permanecer expuestos a los rayos solares sin sufrir un daño. Existe una relación de proporción, entre más alto los índices de FPS mayor será el rango de protección frente al sol. Según de R. Schulze el FPS es la división del (MED) Mínima Dosis Eritémica de la piel protegida con el producto y sobre (MED) Mínima Dosis Eritémica de la piel protegida sin el producto, a las 24 horas de irradiación²⁶. Dependerá del fototipo de cada persona la respuesta a la radiación solar, la protección puede darse a nivel físico mediante el uso de pantallas solares este tipo de pantallas será indicado de acuerdo al fototipo de cada persona, químico y biológico al consumir alimentos ricos en betacarotenos²⁶.

2.3. Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

1. El extracto acuoso de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna) presenta actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro en la cremagel con filtro solar

2.3.2 Hipótesis específicas

1. La cremagel con filtro solar y extracto de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna) presenta actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro.

2. La cremagel con filtro solar y extracto acuoso de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna) presenta factor de protección solar.

2.4. Variables

2.4.1 Tabla de operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de las variables

Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Independiente	-Extracto acuoso de la cáscara de la variedad amarilla del fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna).	-Extracto acuoso obtenido a partir del fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna).	-Preparación del extracto acuoso a concentraciones de 10%, 20% y 50%. -Elaboración de la cremagel con FPS y comparación con un protector solar comercial y evaluación antioxidante DPPH y fotoprotectora.	-Número de formulaciones de cremageles obtenidas a diferente concentración.
Dependiente	-Actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> de la cremagel.	-Actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> de la cremagel mediante determinación de DPPH y FPS.	-Actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> de la cremagel elaborada con el extracto acuoso de la cáscara de la variedad amarilla del fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna).	- Capacidad antioxidante en comparación a Trolox y rango de FPS <i>in vitro</i> de la cremagel.

2.5 Marco conceptual

2.5.1 Antioxidante

Un antioxidante es una sustancia con compuestos químicos que impide la formación de óxidos en el organismo, al interactuar con radicales libres los bloquea y neutraliza, el ser humano produce antioxidantes de naturaleza endógena como el glutatión formado por aminoácidos como cisteína, glicina y ácido glutámico, pero no son suficientes debido a que los radicales libres se encuentran en constante formación, es por ello la importancia de consumir antioxidantes a partir de la dieta llamados de naturaleza exógena. La principal fuente de antioxidantes exógenos son las verduras como los tomates ricos en licopenos, las zanahorias ricas en vitamina A, el camu camu rico en vitamina C, frutas y algunos cereales, flavonoides presentes en los vegetales y algunos frutos²⁷.

Existen sistemas de defensa antioxidante celular que se da por mecanismos a través de los cuales la célula anula la reactividad e inhibe la generación de radicales libres. Estos mecanismos son adecuados a la muy corta vida media de los radicales libres y comprenden moléculas pequeñas, endógenas y exógenas con capacidad antioxidante. Los antioxidantes exógenos provienen de la dieta, y dentro de este grupo se incluyen la vitamina E, la vitamina C y los carotenoides. La vitamina C constituye el antioxidante hidrosoluble más abundante en la sangre, mientras que la vitamina E es el antioxidante lipofílico mayoritario. El selenio, el más tóxico de los minerales incluidos en nuestra dieta, actúa junto con la vitamina E como antioxidante. La vitamina E se encuentra presente en aceites vegetales, aceites de semilla, germen de trigo, maní, carnes, pollo, pescados y algunas verduras y frutas, en tanto la vitamina

C se puede encontrar en frutas y verduras. Los carotenoides son compuestos coloreados tales como los betacarotenos, presentes en verduras y frutas amarillas y anaranjadas, y en verduras verdes oscuras, los alfacarotenos en la zanahoria, los licopenos en el tomate, las luteínas y xantinas en verduras de hojas verdes como el brócoli, y las beta criptoxantinas en frutas cítricas. Recientemente se han descubierto en algunos alimentos otros antioxidantes no nutrientes, los compuestos fenólicos. Algunas fuentes son los frijoles (isoflavonas), cítricos (flavonoides), cebolla (quercetina) y polifenoles (aceitunas). También se han encontrado algunos antioxidantes fenólicos en el café, vino tinto y té. Por esta razón, la forma de suplir los antioxidantes para proteger al organismo del efecto oxidativo producido por los radicales libres es el consumo de alimentos ricos en vitamina E, vitamina C, carotenoides y otras sustancias que tienen función antioxidante, tales como los compuestos fenólicos²⁸.

Los compuestos fenólicos se tratan de un gran grupo de compuestos presentes en verduras y frutas, en los que ejercen una potente acción antioxidante necesaria para el funcionamiento de las células vegetales²⁸.

Los antioxidantes presentan estructuras químicas y mecanismos de acción variados. Estos pueden inhibir o retardar la oxidación de dos formas, captando radicales libres, en cuyo caso se denominan antioxidantes primarios, o por mecanismos que no estén relacionados con la captación de radicales libres, en cuyo caso se conocen como antioxidantes secundarios. Los antioxidantes primarios incluyen compuestos fenólicos, y se destruyen durante el período de inducción. Los antioxidantes secundarios operan a través de cierto número de mecanismos, incluyendo su unión a

metales pesados, captación del oxígeno, conversión de hidroperóxidos a especies no radicales, absorción de radiación UV o desactivación del oxígeno²⁹.

Los antioxidantes son las moléculas que contrarrestan el estrés oxidativo que es un proceso de daño celular desencadenado por el aumento de los radicales libres, principalmente el oxígeno, que puede afectar uno o varios componentes de la célula como proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, lo cual altera seriamente sus funciones, la oxidación celular es un proceso en el que ocurre pérdida de electrones, captación de oxígeno y reducción donde ocurre captación de electrones, pérdida de oxígeno³⁰. Pero el oxígeno a su vez imprescindible para la vida, puede ser también fuente de enfermedad a través de una producción incontrolada de radicales libres de oxígeno (RLO) que lesionan las macromoléculas (lípidos, proteínas, hidratos de carbono y ácidos nucleicos) que alteran los procesos celulares y la funcionalidad de las membranas, producción de enzimas, respiración celular, inducción génica entre otros³⁰. En la actualidad numerosas enfermedades han sido vinculadas a estrés oxidativo, se tienen evidencias que permiten evidenciar mecanismos a través de los cuales se produce, por ejemplo, la aterosclerosis. El desbalance entre oxidantes y antioxidantes está asociado a la fisiopatología de aterosclerosis, cáncer, porfirias, cataratas, sobrecarga de hierro y cobre, enfermedad de Parkinson, enfermedad de Alzheimer y otras demencias, diabetes, malaria, artritis, enfermedades autoinmunes, inflamaciones crónicas y otras. Asimismo, el proceso biológico del envejecimiento se acelera en relación directa con la magnitud del estrés oxidativo³⁰. Los radicales libres como moléculas presentan en su estructura atómica un electrón impar en la órbita externa y una configuración espacial que genera una alta inestabilidad³⁰.

A partir de la molécula de oxígeno gaseoso (O_2) se forman los siguientes reactivos; (O_2) anión superóxido, (H_2O_2) peróxido de hidrógeno, (HO) anión hidroxilo. El sistema de defensa antioxidante está constituido por un grupo de sustancias que, al estar presentes retrasan o previenen significativamente la oxidación de este radical, los antioxidantes impiden que otras moléculas se unan al oxígeno, interactuando más rápido con los radicales libres del oxígeno y las especies reactivas del oxígeno que con el resto de las moléculas presentes, en un determinado microambiente a nivel de la membrana plasmática, citosol, núcleo o líquido extracelular. La acción del antioxidante está dada para evitar alteraciones de moléculas; lípidos, proteínas, ADN, funcionalmente vitales en la célula³⁰.

El ser humano está protegido del estrés oxidativo gracias a la acción de los antioxidantes que poseen diferentes funciones³¹ Al participar de las reacciones a través de la cadena de lípidos de membrana. Las células de los animales y las plantas se autoprotegen contra estos efectos desplegando las así llamadas sustancias antioxidantes para atrapar o amortiguar los radicales libres y, por lo tanto, detener las reacciones dañinas provocadas por ellos. En los puntos más vulnerables al daño oxidativo, las células despliegan en el ambiente intra y extracelular una gran variedad de sistemas de defensa basados en antioxidantes, solubles en agua o en lípidos, y en enzimas antioxidantes. Muchos de estos sistemas defensivos del cuerpo humano son dependientes de los antioxidantes que se derivan de la dieta. La teoría que se basa en que los radicales libres son la principal causa del cáncer en la especie humana y en que el riesgo de enfermedades se reduce con un aumento en el consumo de antioxidantes transportados por los alimentos ha provocado un enorme interés por los

antioxidantes nutricionales y otras sustancias antioxidantes presentes en los alimentos³¹.

2.5.2 Fotoprotector

Son sustancias con actividad fotoprotectora que tienen como objetivo prevenir el fotoenvejecimiento y evitar los daños ocasionados por la radiación. También se ha estudiado durante mucho el daño inducido por UV en el ADN cromosómico de las células de la piel y su relevancia en la inducción del cáncer de piel. La acumulación de estas lesiones produce mutaciones críticas y genes que contribuyen al desarrollo de no melanoma cánceres de piel. Es por ello la importancia de uso de los fotoprotectores³². Los filtros solares son preparados que se aplican sobre la piel con el fin de reducir los efectos de la radiación solar sobre la misma. Aunque tradicionalmente se han usado en productos bronceadores con este fin, actualmente se están añadiendo a otros productos cosméticos para evitar que componentes y principios activos sensibles a la radiación solar se descompongan, así como en otros productos como detergentes líquidos, plásticos, papel, pinturas, etc. El estudio de los filtros solares es por tanto de gran importancia en la ingeniería de multitud de productos comerciales³². Los filtros actúan fundamentalmente de dos formas, desviando o reflejando la radiación o absorbiéndola; y atendiendo a su composición se les clasifica en dos grupos; los filtros químicos son moléculas que absorben los fotones de la radiación solar alterando su estructura molecular cada molécula presenta un espectro de absorción óptimo que permite clasificarla en filtro UVA o filtro UVB³³. Los cambios en su estructura molecular pueden traducirse en cambios en su estructura química, de modo que a veces producen dermatitis de contacto.; son los

más difundidos en el mercado porque son transparentes, no manchan la ropa y necesitan una capa de aplicación de menor grosor³³. Cosméticamente son más aceptables. Las sustancias más habitualmente empleadas son; salicilatos, ácido cinámico, alcanfor, y bencimidazoles como filtros UVB; benzofenonas, antranilatos y dibenzoilmetanos como filtros UVA³³. Los filtros físicos actúan reflejando o desviando la radiación solar formando una barrera opaca que actúa a modo de pequeños espejos su espectro de actuación es más amplio, de manera que proporcionan protección frente a los UVA, UVB, luz visible e infrarrojos, son partículas minerales que necesitan una capa de aplicación gruesa, pueden manchar la ropa, aunque cada día se elaboran nuevas partículas microscópicas cosméticamente más aceptables y menos frecuente que originen reacciones de tipo alérgico o irritativo. Están menos difundidos en el mercado las sustancias más habituales empleadas son el dióxido de titanio y el óxido de zinc y el índice que mide la capacidad protectora de un filtro frente a la radiación UVB se llama Factor de Protección Solar o FPS ³³. Los filtros solares que protegen exclusivamente frente a los UVB, es decir, frente al eritema y la quemadura solar, no ofrecen protección frente al envejecimiento y la fotocarcinogénesis inducida por los UVA; los filtros químicos son filtros UVB Filtros UVA que usa benzofenonas, salicilatos, Antranilatos, ácido cinámico dibenzoilmetanos, alcanfor, bencimidazoles en su composición y filtros físicos compuestos de dióxido de titanio Óxido de cinc Carbonato de calcio Carbonato de magnesio Óxido de magnesio Cloruro de hierro, deben cumplir con presentar una buena adherencia y resistencia al agua, al sudor y el roce: esta propiedad distingue filtros resistentes al agua (water resitent) y filtros a prueba de agua (water proof), capaces de conservar su protección tras 40 minutos y 80 minutos de inmersión en el

agua, respectivamente, no irritante ni sensibilizante, no manchar la ropa y cosméticamente aceptable³³. En la actualidad se han desarrollados filtros biológicos con propiedades antioxidantes, cuya acción radica en el secuestro de los radicales libres responsables del envejecimiento cutáneo y del cáncer fotoinducido. Los máximos representantes de este tipo de filtro son el ácido ascórbico y el tocoferol, así como sus derivados. Estos ingredientes activos suelen incluirse en las nuevas formulaciones solares, ya que adicionalmente presentan una acción coadyuvante de la actividad fotoprotectora de los filtros físicos y químicos, mejoran el aspecto y elasticidad de la piel y potencian el subsistema inmunológico cutáneo³³. Los filtros biológicos son moléculas con propiedades antioxidantes, cuya acción radica en el secuestro de los radicales libres causantes del envejecimiento cutáneo y del cáncer fotoinducido³³.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

El estudio es longitudinal ya que la actividad antioxidante y fotoprotectora *in vitro* de la cremagel desarrollada fue medida en un intervalo de tiempo determinado. Esto sirve para analizar y observar de manera secuenciada la evolución de los fenómenos que se den dentro la fase experimental.

Es cualitativo, descriptivo se basa en explicar las características, aspectos técnicos que se desarrolla en la parte experimental a lo largo de toda la investigación.

3.2 Diseño a utilizar

El diseño de esta investigación es cuasiexperimental al no estar aleatorizada la muestra, los grupos de muestra se definieron desde antes para la evaluación.

3.3 Población

La muestra biológica estará constituida por *Opuntia ficus-indica* (tuna) colectada en Ayacucho- Perú.

3.4 Muestra

La muestra objeto de este estudio está constituido por 5 kilos de *Opuntia ficus-indica* (tuna) colectadas en el mes de junio en Ayacucho- Perú, la recolección fue *in situ*, recolectamos 5 kilogramos de muestra. La recolección se realizó a una altitud de 2800m.s.n.m. La identificación de la *Opuntia ficus-indica* (tuna) fue corroborada por la bióloga Bertha Loja CBP.3853. Se realizó la selección de *Opuntia ficus-indica* (tuna), separando las impurezas.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación, entrevista como método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido de la información, instrumentos como las fichas de trabajo, en las que concentra y resume la información.

3.5.1 Parte Experimental

3.5.1.1 Materiales, equipos y reactivos

Material botánico

- *Opuntia ficus indica* (Tuna)

Materiales

- Fiolas de 25,50,100 ml (FORTUNA)
- Pipetas de 2,5,10 ml (FORTUNA)
- Beakers de 25,50,100 (FORTUNA)
- Probetas de 50,100 ml (PIREX)
- Papel de filtro
- Papel Whatmann N° 40
- Tubos de ensayo
- Baguetas
- Micropipetas 20 ul, 100 ul
- Termómetros
- Espátulas
- Morteros de porcelana

Equipos

- Estufa (Gemmy SA-232 U),
- pHmetro
- Balanza electrónica (Pracctum 224 – 1S)
- Espectrofotómetro (UV-Vis (Thermo Scientific))
- Baño maría (BW – 106)
- Cocina a gas

REACTIVOS

- Etanol absoluto (Merck)
- Metanol (Merck)
- Agua destilada
- Rvo. Folin-Ciocalteau (Merck)
- 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) (Sigma aldrich)
- Trolox (Sigma aldrich)

3.5.1.2 Obtención y elaboración de extractos acuoso con las cáscaras de tuna

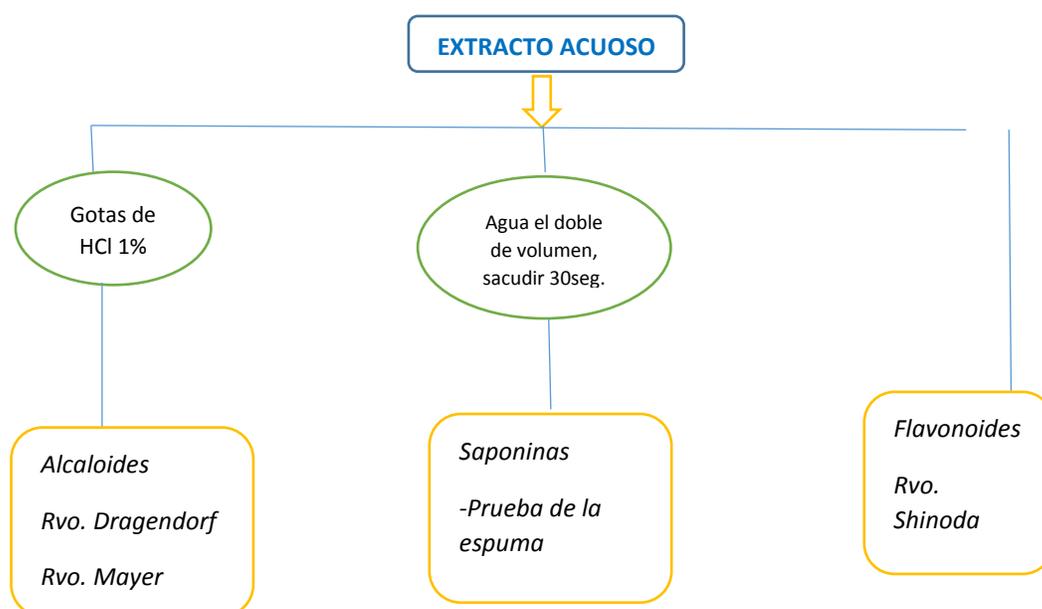
La cáscara de tuna fue seleccionada en el laboratorio y se realizaron los siguientes procesos de estabilización:

- Se realizó el secado de las cáscaras de tuna en una estufa con sistema de aire circulante caliente hasta obtener el peso constante. Se realizó una extracción acuosa con muestra fresca y directa, se llevó a ebullición constante para esto se utilizó una cocina a gas.
- Se elaboraron extractos acuosos en concentraciones de 10%, 20% y 50% (p/v), con las muestras secas y muestras frescas. Luego se realizó el filtrado en papel filtro.
- Luego, los extractos pasaron al estudio fitoquímico.

3.5.1.3 Estudio fitoquímico de los extractos acuosos

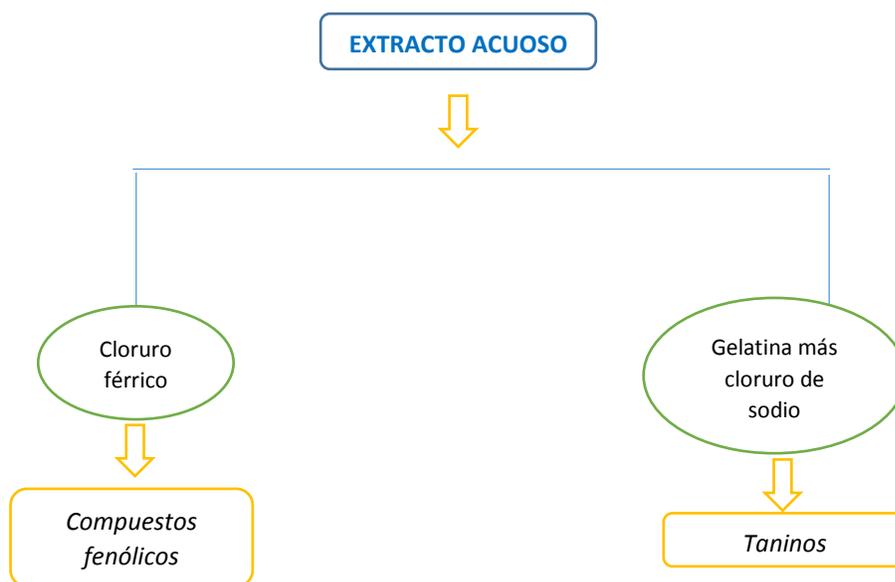
El estudio fitoquímico de los extractos acuosos se realizó mediante pruebas de coloración y precipitación (Bruneton, 2001; Look, 2016)³⁴⁻³⁵.

Gráfico 3. Tamizaje fitoquímico alcaloides, saponinas y flavonoides



Fuente: Look 2016

Gráfico 4. Tamizaje fitoquímico compuestos fenólicos, taninos



3.5.1.4 Cuantificación de compuestos fenólicos

Se procedió según método de Folin Ciocalteu (tungstato-fosfomolibdico; carbonato de sodio al 20%) que consiste en la capacidad de los fenoles de interactuar frente a agentes oxidantes y se da una reacción debido a la formación de un complejo de coloración azul y esto se lee a una absorbancia de 760nm obteniendo el contenido total de fenoles. (Cruzado, 2013)³⁶.

Procedimiento

Se prepararon soluciones de:

- Solución estándar de ácido gálico 1000ppm (solución madre).
- Solución de carbonato de sodio 20%: (20g de carbonato de sodio anhidro disueltos en una fiola de 100mL).

De la solución estándar de ácido gálico se realizaron diluciones para obtener soluciones de 5, 25, 50, 100, 250 y 500 ppm, y se construyó la curva de calibración.

Para la determinación de compuestos fenólicos se colocó 0.1 ml de extracto acuoso (10%,20%50%) en tres tubos respectivamente luego se agregó a cada tubo 1.5 ml de Folin Ciocalteu, se homogenizo y dejo en reposo durante 5 minutos. Luego se añadió 1.5 ml de carbonato de sodio 20% y se dejó en reposo por 2 horas a temperatura ambiente y a oscuridad y se leyó a 760 nm en espectrofotómetro.

3.5.1. 5 Evaluación de la capacidad antioxidante del extracto acuoso

Esta prueba se realizó mediante la reacción de la muestra con el radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) y tiene como objetivo determinar la capacidad de neutralizar agentes oxidantes en este caso radicales libres y al darse la reacción entre el radical y el antioxidante cuando el radical se reduce ante el antioxidante se presenta una decoloración de azul a amarillo claro y se llevó a lectura de espectrofotómetro a 517nm; y se usa como estándar TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) y VEAC (vitamin C equivalent antioxidant capacity /, mediante la realización de curvas estándar (Thaipong et al, 2006; Brand et al, 1995)³⁷⁻³⁸.

Procedimiento:

Se prepararon las siguientes soluciones:

- Solución estándar metanólica de Trolox 1000uM (solución madre)
- Solución estándar solución metanólica de DPPH 0.1mM
- Blanco: Se mezcló 0.1mL de agua y 3.9mL de metanol, para ajustar el espectrofotómetro a cero.

A partir de la solución de Trolox, se realizaron diluciones en metanol de 100, 200,400 y 800 Um, y se realizó la curva de calibración

Para evaluar la actividad antioxidante se colocan 3 tubos con 0.1 ml de extracto acuoso (50%), y se añadió el estándar de DPPH, se homogenizo deajo en reposo y reposo a 30 minutos a temperatura ambiente y se leyó a 517nm en el espectrofotómetro.

Se calcula el porcentaje de inhibición del radical DPPH con la ecuación DPPH remanente (%) = $(A_o - A_f) / A_o \times 100$, A_o : absorbancia inicial del DPPH, A_f : absorbancia final DPPH después de 30 min y se calcula la actividad antioxidante equivalente a Trolox. Se despeja X de la ecuación de la recta del estándar de Trolox ($Y = a X + b$), el valor obtenido se multiplica el factor de dilución para obtener la actividad antioxidante equivalente a Trolox real. Y se expresan en umol de Trolox/100mL del extracto.

3.5.1.6 Desarrollo de las formulaciones fotoprotectoras

Para la elección de la forma farmacéutica tópica es importante tener en cuenta la factibilidad de fabricación, compatibilidad con el extracto, aspecto, costo, estabilidad y seguridad. Asimismo, la selección de los excipientes se realizó evaluando la solubilidad, compatibilidad, aspecto, costo, estabilidad y seguridad.

Tabla 4. Formulaciones de la cremagel

FORMULACIONES	COMPOSICIÓN
Formulación 1: Cremagel en proporción del 15% de extracto acuoso a una concentración de 50% de cáscara de <i>Opuntia ficus indica</i> y filtro solar.	Extracto acuoso a una concentración de 50% de cáscara de <i>Opuntia ficus indica</i> en proporción del 15%. Filtro solar, benzofenona 4. Ácido ascórbico. Excipientes: Propilenglicol, fragancia y agua.
Formulación 2: Cremagel en proporción del 15% de extracto acuoso a una concentración de 50% de cáscara de <i>Opuntia ficus indica</i> .	Extracto acuoso a una concentración de 50% de cáscara de <i>Opuntia ficus indica</i> 15%. Ácido ascórbico. Excipientes: Propilenglicol, fragancia y agua.
Formulación 3: Cremagel con filtro solar.	Filtro solar, benzofenona 4. Ácido ascórbico. Excipientes: Propilenglicol, fragancia y agua.

3.5.1.7 Análisis fisicoquímico y sensorial del producto terminado

Se realizó el análisis físico y sensorial de las formulaciones tomando en cuenta el aspecto, color, olor, pH y consistencia.

3.5.1.8 Determinación de pH de la cremagel

La muestra en solución fue filtrada en papel filtro y se determinó el pH del filtrado mediante pH metro.

3.5.1.9 Determinación *in vitro* del Factor de Protección Solar (FPS) de las formulaciones.

La determinación del Factor de Protección Solar del producto terminado se realizó según (Mansur 1986)³⁹.

Se procede a leer a muestra diluida en etanol en el espectrofotómetro a una concentración de 0,2 mg/ml se pesó 1,0 g de muestra de producto terminado y se llevó a fiola de 100ml y se añade 50ml de etanol P.A se agito 5 minutos, y se homogeniza y filtra luego y se tomó una alícuota de 5,0 ml se lleva a una fiola de 50ml y se diluye con etanol P.A y se lleva a fiola de 25 ml, se lee a 290, 295, 300, 305 ,310 ,315 y 320; luego se relacionan los valores obtenidos según la formulación de FPS, el rango es de 290 a 320 nm.

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

Donde:

FPS= Factor de Protección Solar

FC= 10 (factor de corrección)

EE= efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda

I= intensidad del sol en la longitud de onda

Abs= absorbancia de la solución en la longitud de onda

La relación entre el efecto eritemogénico y la intensidad de la radiación de cada longitud de onda (EE x I).

Tabla 5. Relación del efecto eritemogénico (EE) frente a la intensidad de la radiación (I) en cada longitud de onda.

Longitud de onda (nm)	EE () x I ()
290	0.0150
295	0.0817
300	0.2874
305	0.3278
310	0.1864
315	0.0839
320	0.0180

Fuente: Sayre R. et al 1979

Análisis espectral de las formulaciones

Se determinó las absorbancias de la muestra diluida mediante espectrofotómetro UV para el análisis del FPS (10mg/mL).

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

Tabla 6 : Ensayo organoléptico del extracto acuoso.

<i>Característica</i>	<i>Extracto acuoso</i>
Aspecto	Líquido
Color	Anaranjado amarillento
Olor	Característico
Sabor	Astringente
Ph	6,5

Tabla 7: Tamizaje fitoquímico

<i>Metabolito</i>	<i>Reactivo</i>	<i>Resultado</i>
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico	+++
Flavonoides	Rx. Shinoda	+++
Taninos	Gelatina	+
Alcaloides	Rx. Mayer	-
Saponina	Prueba de espuma	+

(+++)
(++) Abundante, (++) Regular, (+) Poco (+), Ausente (-)

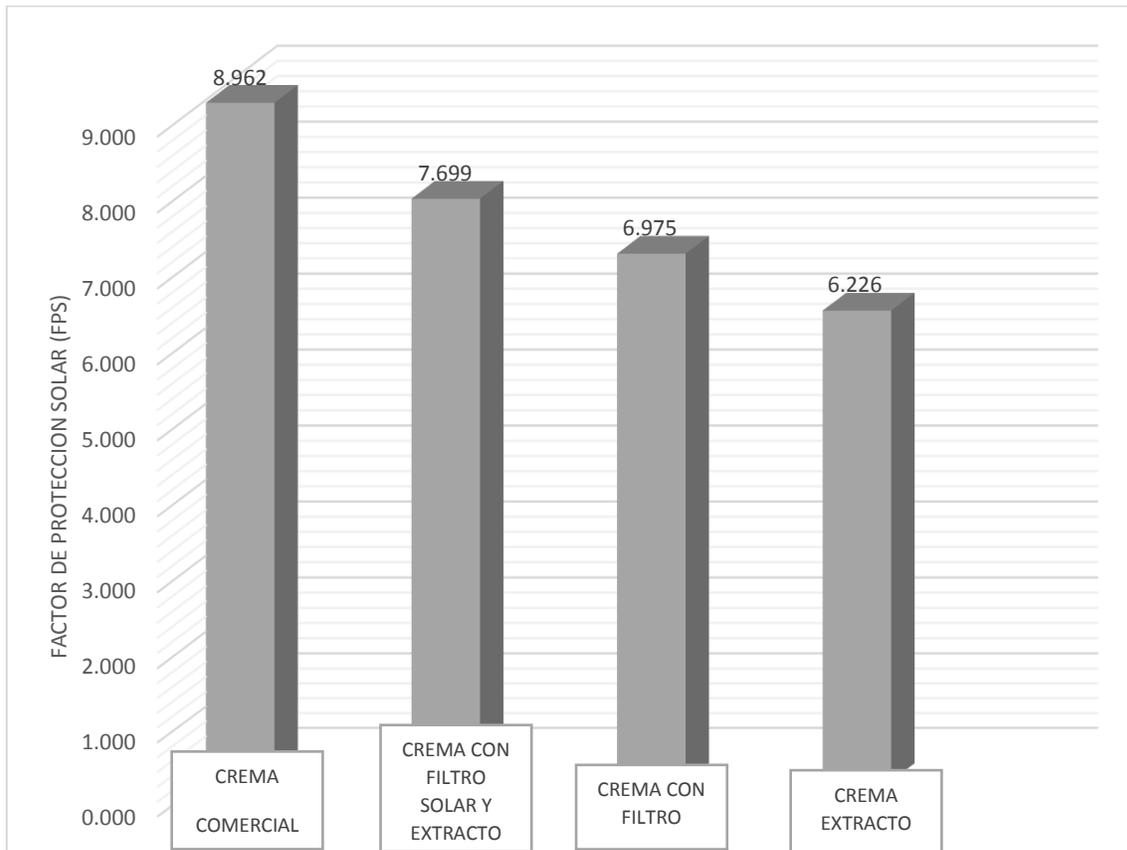
Cuantificación de compuestos fenólicos

<i>Compuestos fenólicos</i>	135.6mg%
-----------------------------	-----------------

Evaluación de la capacidad antioxidante

<i>Método 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).</i>	155,67 μmol equivalente Trolox/ mL
---	--

Grafico 5 : Factor de protección de la cremagel de *Opuntia ficus indica*



4.2 Contrastación de hipótesis

La cremagel con filtro solar elaborada a base de la cáscara de *Opuntia ficus indica* posee actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro que brinda una barrera fotoprotectora frente a la radiación solar.

1. Hipótesis nula: La cremagel con filtro solar que se elaboró a base de la cáscara de *Opuntia ficus indica* **NO** posee actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro que brinda una barrera fotoprotectora frente a la radiación solar.
2. Hipótesis alterna: La cremagel con filtro solar que se elaboró a base de la cáscara de *Opuntia ficus indica* **SI** posee actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro que brinda una barrera fotoprotectora frente a la radiación solar.

4.3 Discusión de resultados

Se elaboraron 3 formulaciones de cremagel las cuales fueron producidas a base de cáscara de *Opuntia ficus indica* presentó compuestos fenólicos y flavonoides a los que se les atribuye la capacidad antioxidante potenciando dando valor agregado a la crema gel, elaborada en 3 diferentes formulaciones a una concentración de extracto acuoso de 50%. Se comparó mediante el método de FPS y la que mejores resultados obtuvo fue la formulación número 1 que está compuesta por filtro solar de benzofenona 4, extracto acuoso a una concentración de 50% de cáscara de *Opuntia ficus indica* en proporción de 15%, ácido ascórbico y excipientes como propilenglicol, fragancia y agua.

Al comparar con los resultados de Moya (2017)⁴⁰ que realizó una formulación tópica fotoprotectora, respecto a los compuestos fenólicos se obtuvimos 135.6 mg a comparación de 134,73mg en la actividad antioxidante la cremagel presento 155,67 μmol equivalente Trolox/ mL en comparación de 81,22 mg/ml de la formulación tópica. Y respecto a la determinación del FPS obtuvimos 7.699 al comparar con Moya que obtuvo 12,05.

Debido a la naturaleza de la muestra que es un desecho natural que normalmente no se consume, y que en esta investigación se logró obtener buenos resultados al poder incluirla dentro de un producto cosmético como lo es la cremagel brinda los beneficios de ser antioxidante y fotoprotectora, debido a su composición química, al ser comparada con como la formulación tópica de Moya (2017)³⁷ que presenta extracto de la planta *Fragaria vesca L.* La cremagel desarrollada a base de cáscara de *Opuntia ficus indica* presento valores superiores respecto a los compuestos fenólicos, actividad antioxidante.

En relación a la actividad fotoprotectora esta fue comparada con un fotoprotector en crema de uso comercial, los resultados fueron de 8.962 a 7.699 de FPS con lo cual tenemos valores semejantes con una diferencia no mayor a 1.5 de FPS, con lo cual elaboramos un producto de tipo cosmético con una buena actividad antioxidante y un FPS similar a lo que se comercializa.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. La cremagel elaborada con filtro solar y extracto de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna) presento actividad antioxidante de 155,67 μmol equivalente Trolox/mL, compuestos fenólicos de 131.6mg
2. La cremagel elaborada con filtro solar y extracto de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* (tuna) obtuvo un Factor de Protección Solar de 7.699.
3. Se logró determinar los metabolitos secundarios, se obtuvo; flavonoides, compuestos fenólicos, saponinas.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda continuar con el aprovechamiento de desechos orgánicos que contengan algún beneficio, como algunos bioactivos que serían usados en el desarrollo de nuevas formulaciones con el fin de tratar algún tipo de enfermedad o brindar un beneficio específico.
2. Se recomienda continuar con las pruebas *in vivo* , para obtener mejores resultados.

REFERENCIAS

1. Schuch A, Menck C. The genotoxic effects of DNA lesions induced by artificial UV-radiation and sunlight. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2010; 99 (3): 6-111.
2. Brotto L. A química dos protetores solares. VIII SIMPEQ. 2008.
3. Kullavanijaya P. Photoprotection. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2005; 52 (6): 937-958.
4. Flor J, Davolos M, Correa M. Protetores Solares. *Química Nova*. 2007; 30 (1): 153-158.
5. Organización Mundial de la Salud. Organización Meteorológica Mundial Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. Índice UV Solar Mundial Guía práctica 2003.
6. Mathews M. Carotenoid functions in photoprotection and cancer prevention. *J Environ Pathol Toxicol Oncol*. 1990; 10 (1): 181-92.
7. Zepeda M. Fitocosmética: las plantas y su aplicación en cosmética. Dossier. 2008. URL: www.revistadossier.com/p=191
8. Meza, R. Evaluación del efecto de la temperatura de concentración en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa concentrada de tuna anaranjada (*Opuntia spp.*). Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. 2014.
Disponible en:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCPC/1234/MEZA%20SOSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Guzmán et al. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Rev. Soc. Quím. Perú*. 2007. V1 (73): 2-10. Disponible en; http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000100005
10. Salehi et al. Goma de la fruta *Opuntia ficus indica*: extracción caracterización, actividades antioxidantes y propiedades funcionales. *Polímeros de carbohidratos*.

2008. Carbohydrate Polymers. Vol. 206: 565-572. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30553358>
11. Medina et al. Estudio de las propiedades antioxidantes de los extractos obtenidos de cladodios de nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) después del secado por convección. 2011. *Revista de la ciencia de la alimentación y la agricultura*. Vol 91: 6 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.4271>
 12. Bensadón et al. Subproductos de *Opuntia ficus-indica* como fuente de fibra dietética antioxidante. 2010. *Plant Foods Hum Nutr* Vol. 65: 210. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-010-0176-2>
 13. Sáenz et al. Microencapsulación por secado por pulverización de compuestos bioactivos de pera de cactus (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*. 2009. Vol (114): 616–622. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608011904>
 14. Castro, J. “EL CULTIVO DE TUNA” *Opuntia ficus indica*. Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo-Perú. 2009, 18p.
 15. Monroy-Gutierrez, Teresa et al. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en frutos de xocotuna, tuna y xoconostle (*Opuntia spp.*). *Chil. j. agric. anim. sci.* [online]. 2017, vol.33, n.3 [citado 2019-10-14], pp.263-272. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902017000300263&lng=es&nrm=iso
 16. Tesoriere et al. Biotioles, taurina y antioxidantes solubles en lípidos en la pulpa comestible de cactus siciliano pera (*Opuntia ficus-indica*) Frutas y cambios en los componentes del jugo bioactivo en el procesamiento industrial. 2005. *J. Agric. Food Chem.* Vol.53 (20) :7851-7855. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf050636f>
 17. Kuti, JO. Compuestos antioxidantes de cuatro variedades de fruto de pera *Opuntia cactus*. 2004. *Química de los alimentos*, Vol. 85 (4), 527–533. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814603001845>
 18. Chae Lee et al. Antioxidant Property of an Ethanol Extract of the Stem of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. 2002. *J. Agric. Food Chem.* Vol 50: 6490–6496. Disponible en:

<http://www.pricklypearjuice.org/resources/JournalofAgricultural&FoodChemistry..pdf>

19. Butera et al. Antioxidant Activities of Sicilian Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) Fruit Extracts and Reducing Properties of Its Betalains: Betanin and Indicaxanthin. 2002. *J. Agric. Food Chem.* Vol, 50, 6895–6901.

Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf025696p>

20. Gerencia Regional Agraria La Libertad. “EL CULTIVO DE TUNA” *Opuntia ficus indica*. Trujillo-Perú. 2009, 18p.

21. Lorente. La radiación solar. 2010. Departamento de Astronomía y Meteorología. Universidad de Barcelona.

Disponible en:

<https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/MAQUETACION%20MATERIAL%20FORMATIVO%20fotoproteccionfotproc2010.pdf>

22. SENAMHI, 2018. Última actualización: sábado, 22 de junio 2019. Verano 2018: Radiación UV registra nivel de riesgo "Muy Alto". Consultado el 04 de abril del 2019.

Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=prensa&n=769>

23. OMS. 2019 Temas de salud. Radiación ultravioleta. Consultado el 10 de abril del 2019.

Disponible en: https://www.who.int/topics/ultraviolet_radiation/es/

24. OMS. Índice UV solar mundial. Guía práctica. Organización Meteorológica Mundial. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. 2003.

Disponible en:

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42633/9243590073.pdf;jsessionid=2ABE213FBA093A7B1C19DC85907662D9?sequence=1>

25. Vitale. Fotoprotección: conceptos básicos y actualización. Revista Peruana de Dermatología. 2002. vol. 12(2).

Disponible en:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/dermatologia/v12_n2/fotoproteccion.htm

26. ISDIN.CAMPAÑA EDUCATIVA SOBRE LA PROTECCION SOLAR EN LAS ESCUELAS. Consejo General de Colegios oficiales Farmacéuticos. 2002.
Disponible en:
[https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/dossier%20fornacion%20fco\(DOC%206\).pdf](https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/dossier%20fornacion%20fco(DOC%206).pdf)
27. Instituto Nacional del Cáncer. Antioxidantes y prevención del cáncer.n.d. Consultado 5 de abril del 2019.
Disponible en:
<https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/dieta/hoja-informativa-antioxidantes>
28. Avello, Marcia, and Mario Suwalsky. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. [internet] Red Atenea, 2009. ProQuest Ebook Central, [revised 2009-01-01; citado 2019 Ago 25].
Disponible en:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliounidsp/detail.action?docID=3178950>.
29. Gordon M.H. 2001. El desarrollo del enranciamiento oxidativo en los alimentos. (pp. 7- 21), en: Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. Zaragoza: Ed. ACRIBIA.
30. Vega, Abascal, Jorge Baudilio. Estrés oxidativo en medicina: un acercamiento al tema, El Cid Editor, 2009. ProQuest Ebook Central, [revised 2009-01-01; ciatdo 2019 Ago 25].
Disponible en:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliounidsp/detail.action?docID=3183107&query=antioxidantes#>
31. Pokorny et al. 2001. Introducción a los antioxidantes naturales. (pp. 141- 151) Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. Zaragoza: Ed. ACRIBIA
32. Duro ME et al. El sol y los filtros solares. Rev Medifam. 2003. Vol 133: 159:165.
33. Fajre et al. Exposición solar y fotoprotección. Rev Chil Med Fam. 2002, 3(3):113-118.
34. Brunenton. Farmacognosia. Fitoquímica plantas medicinales. Editorial ACRIBIA, S.A.2001
35. Look.O. Investigación Fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales. 2016. Editorial PUCP.

36. Cruzado et al. Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de alcachofa (*Cynara scolymus* L.). *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2013, vol.79, n.1 [citado,2019-10-14], pp.57-63.

Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000100008&lng=es&nrm=iso. ISSN 1810-634X

37. Thaipong, Kriengsak, et al. Comparación de ensayos ABTS, DPPH, FRAP y ORAC para estimar la actividad antioxidante de los extractos de guayaba. *Revista de composición y análisis de alimentos*, 2006, vol. 19, no 6-7, p. 669-675.
38. Brand et al, Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol*. 1995, 28 (1): 25-30.
39. Mansur et al. Determinación del factor de protección solar por espectrofotometría. *Un Dermatol Bras*.1986, 61: 121-124.
40. Moya. Actividad fotoprotectora de formulación tópica a base del extracto hidroalcohólico de *Fragaria vesca* L. (*fresa*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2017.

Disponible en:

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6878/Moya_ct.pdf?sequence=2&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FOTOPROTECTORA <i>in vitro</i> DE LA CREMAGEL ELABORADO CON EXTRACTO ACUOSO DE LA CÁSCARA DE LA VARIEDAD AMARILLA DEL FRUTO DE <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna)						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿El extracto acuoso de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) presentará actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> en la cremagel con filtro solar?	Evaluar la actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> de la cremagel con filtros solares y extracto acuoso de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna)	El extracto acuoso de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) presenta actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> en la cremagel con filtro solar	Extracto acuoso de la cáscara de la variedad amarilla del fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna).	Fitoquímica	Tamizaje fitoquímico	Tipo de estudio: longitudinal, cualitativo y cuantitativo, descriptivo. Diseño: El diseño de esta investigación es cuasiexperimental, al no estar aleatorizada la muestra, los grupos de muestra se definieron desde antes para la evaluación. Población: La muestra biológica estará constituida por <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) colectada en Ayacucho-Perú.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	Variable dependiente		Cuantificación de compuestos fenólicos	Muestra: La muestra objeto de este estudio está constituido por 5 kilos de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) colectadas en el mes de junio en Ayacucho - Perú, la recolección fue mañita, recolectamos 5 kilogramos de muestra. La recolección se realizó a una altitud de 2000m.s.n.m. La identificación de la <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) fue corroborada por la bióloga Bertha Loja CEP 3853. Se realizó la selección de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna), separando las impurezas.
¿La cremagel con filtro solar y extracto de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) presentará actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> en la cremagel con filtro solar?	Determinar la actividad antioxidante de la cremagel con filtro solar y extracto de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) presentará actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> .	La cremagel con filtro solar y extracto de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) presenta actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> .	Actividad antioxidante y fotoprotectora <i>in vitro</i> de la cremagel.		Determinación de DPPH	Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación, entrevista como método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido de la información, instrumentos como las fichas de trabajo, en las que concentra y resume la información.
¿Cuál será el Factor de Protección Solar de la formulación de cremagel con filtro solar y extracto acuoso de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna)?	Determinar el valor del Factor de Protección Solar de la formulación de cremagel con filtro solar y extracto acuoso de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna)	La cremagel con filtro solar y extracto acuoso de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) presenta factor de protección solar		Cosmética	Determinación de FPS	Metodología: - Obtención y elaboración de extractos acuosos con las cáscaras de tuna - Estudio fitoquímico de los extractos acuosos. - Cuantificación de compuestos fenólicos. - Evaluación de la capacidad antioxidante del extracto acuoso. - Desarrollo de las formulaciones fotoprotectoras. - Análisis fisicoquímico y sensorial del producto terminado. - Determinación de pH de la cremagel. - Determinación <i>in vitro</i> del Factor de Protección Solar (FPS) de las formulaciones. - Análisis espectral de las formulaciones.

Anexo 2. Certificado botánico

Constancia

La muestra vegetal recibida de los Químicos Farmacéuticos Miguel Inocente Camones, Ruth Esther Huamani Inca, Inés Maraniela Santos Guillén de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, ha sido determinada según el Sistema de Clasificación de Engler & Prantl, modificado por Melchior en 1964, como sigue:

División	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Genero	Opuntia
Especie	Opuntia ficus-indica (L.) Mill., 1768
Nombre común	"Tuna"

Determinada por la Dra. Berta Loja Herrera, con una maestría en Botánica Tropical y un doctorado en Ciencias Biológicas.

Se extiende la presente constancia a solicitud de los interesados, para los fines que estimen conveniente.

La Molina, 17 de junio del 2019



Dra. Berta Loja Herrera
CBP.3853

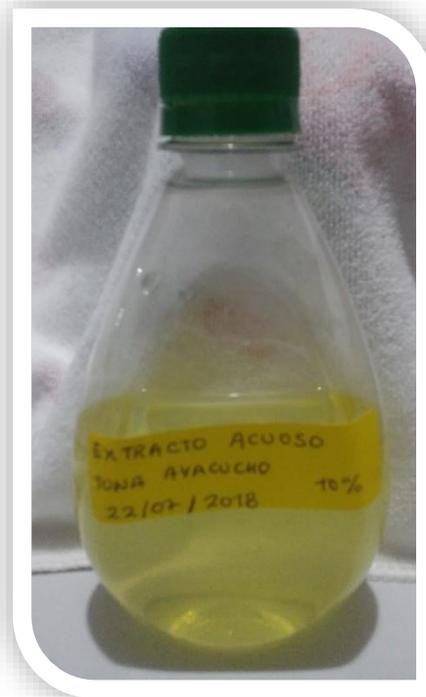
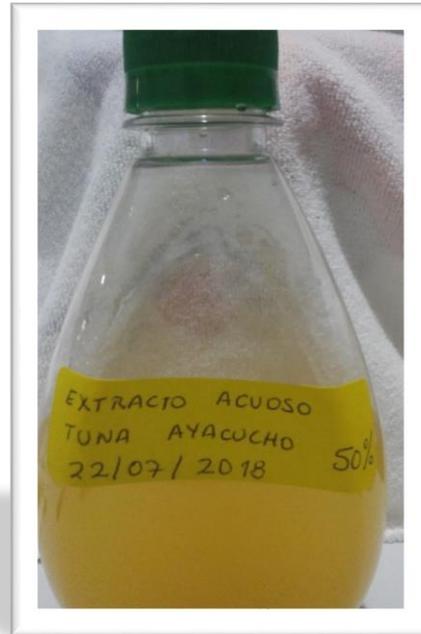
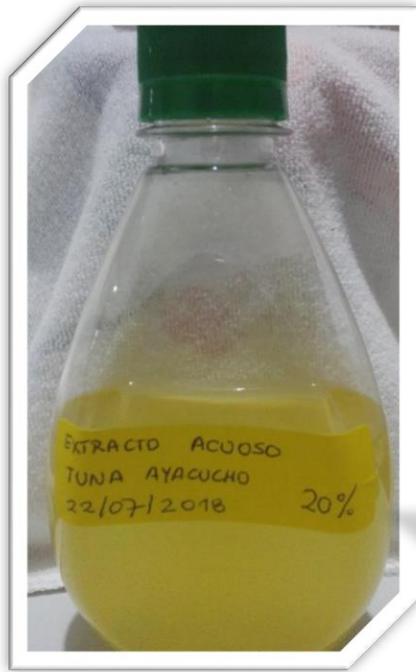
Anexo 3. Herborizado de la *Opuntia ficus indica* (tuna)



Anexo 4. Selección y corte de la cáscara de *Opuntia ficus indica* (tuna)



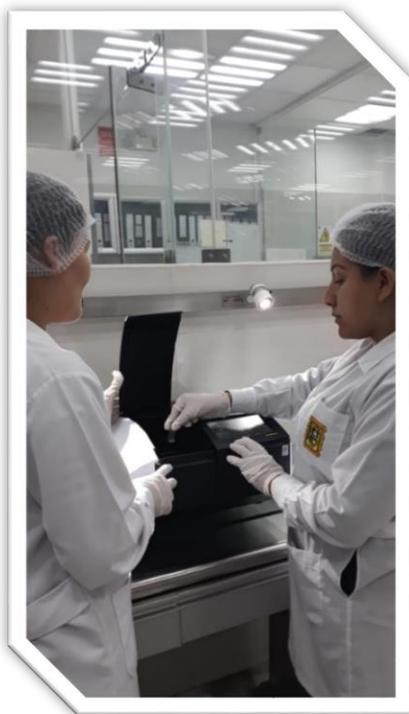
Anexo 5. Extractos acuosos de *Opuntia ficus indica* (tuna)



Anexo 6. Calibración del blanco para la lectura de la muestra con DPPH



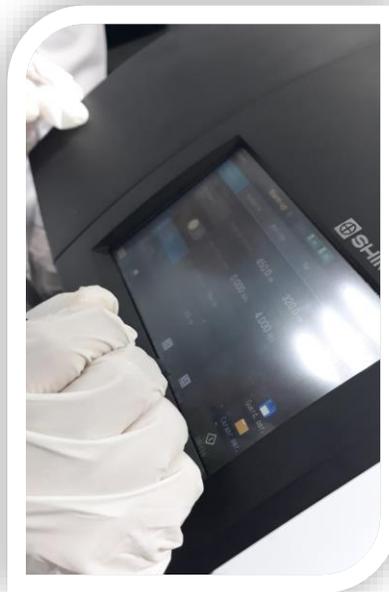
Anexo 7. Lectura de las absorbancias para determinar la capacidad antioxidante



Anexo 8. Cuantificación del Factor de protección solar



Anexo 9. Lectura de las absorbancias en el espectrofotómetro del FPS



Anexo 10. Tabla sobre el factor de protección de la cremagel de *Opuntia ficus y lecturas UV* de las formulaciones comparadas

l(nm)	EE X I	CREMA COMERCIAL 0			CREMA CON FILTRO+EXTRACTO			CREMA CON FILTRO			CREMA EXTRACTO		
		a	B	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
290	0.0150	0.721	0.711	0.710	0.621	0.621	0.622	0.586	0.610	0.650	0.500	0.510	0.512
295	0.0817	0.710	0.712	0.711	0.671	0.671	0.672	0.621	0.611	0.633	0.550	0.540	0.544
300	0.2874	0.855	0.866	0.877	0.723	0.724	0.730	0.649	0.745	0.654	0.610	0.600	0.601
305	0.3278	0.940	0.945	0.946	0.791	0.792	0.792	0.700	0.699	0.651	0.630	0.623	0.625
310	0.1864	0.919	0.945	0.900	0.800	0.801	0.802	0.721	0.725	0.756	0.670	0.660	0.662
315	0.0839	0.988	0.978	0.880	0.850	0.860	0.860	0.780	0.795	0.788	0.690	0.688	0.600
320	0.0180	0.989	0.980	0.998	0.911	0.919	0.912	0.799	0.800	0.799	0.710	0.701	0.700
Sumatoria		0.895	0.903	0.890	0.768	0.770	0.772	0.690	0.719	0.684	0.630	0.622	0.616
FPS		8.947	9.033	8.904	7.680	7.698	7.717	6.897	7.186	6.842	6.298	6.218	6.161
FPS promedio		8.962			7.699			6.975			6.226		
SD		0.066			0.018			0.184			0.069		
FPS final		0.620 ± 0.030			11.818 ± 0.298			11.337 ± 0.148			1.705 ± 0.030		