



**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FARMACIA Y
BIOQUÍMICA**

**Actividad antioxidante del extracto etanólico del
mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus*
“pitahaya” e identificación de los
fitoconstituyentes**

TESIS

**para optar el Título Profesional de Químico
Farmacéutico**

PRESENTADO POR:

**Br. Figueroa Díaz Susana Lastenia
Br. Mollinedo Moncada Ofelia**

ASESOR

Mg. Q.F. Félix Veliz Luis Miguel

**Lima – Perú
2017**

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por permitirme realizar esta tesis, brindándome la fortaleza y perseverancia para poder concretar una de mis metas.

A mi familia fuente de apoyo emocional constante durante toda mi vida y más aún en momentos en que perdía la fe, a mi padre por los valores y principios inculcados que hoy rigen mi vida, a mi madre por su infinita comprensión, apoyo y amor, a mis hermanos por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios de ser maravilloso que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar.

A mi familia, por siempre mostrarme que la unión es más fuerte que todas las adversidades, para seguir adelante.

A mi asesor Mg. Q.F. Félix Veliz, Luis Miguel, por su confianza, su espera y su ayuda incondicional en el laboratorio de Química Orgánica, quien me demostró durante toda mi época universitaria con su ejemplo que el brindar las herramientas para que nosotras seamos mejores, el ejercer su defensa y también establecer parámetros ha de ser siempre motivo de lucha y motivo de regocijo aun cuando los nombres de los hacedores de tales logros sea olvido de muchos.

INDICE GENERAL

RESUMEN

SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación de problema	3
1.3 Justificación	4
1.4 Hipótesis	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Variables	5
1.6.1 Variable Independiente	5
1.6.2 Variable dependiente	5
II. MARCO TEORICO	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes Nacionales	9
2.2 Clasificación taxonómica	11
2.2.1 Nombre científico	11
2.2.2 Nombres comunes	11
2.2.3 Origen y distribución.....	12
2.2.4 Variedades	13
2.2.5 Descripción botánica	14
2.2.6 Producción	18
2.2.7 Requerimientos del cultivo (clima, suelo)	18
2.2.8 Cosecha	20
2.3 Aspectos químicos	20
2.3.1 Aspectos farmacológicos	21
2.3.2 Propiedades alimentarias.....	22
2.3.3 Propiedades cosméticas	23
2.4 Actividad antioxidante	23
2.4.1 Tipos de antioxidantes	25
2.4.2 Antioxidantes primarios.....	26
2.4.3 Antioxidante secundarios	26
2.5 Vitamina C	27
2.6 Radicales libres	28
2.7 Estrés oxidativo.....	31
2.7.1 Envejecimiento y patologías	32
2.8 Métodos de evaluación de actividad antioxidante	33
2.8.1 Método del ABTS	33
2.8.2 Método FRAP (Reducción del hierro férrico a ferroso).....	34
2.8.3 Método de Folin-Ciocalteau.....	34
2.8.4 Método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil)	35
III. METODOLOGÍA	37
3.1 Tipo de investigación	37

3.2	Materiales, reactivos, equipos y solventes.....	37
3.2.1	Materiales	37
3.2.2	Reactivos	38
3.2.3	Equipos	38
3.2.4	Solventes	38
3.2.5	Material biológico	39
3.2.6	Recolección y transporte de la materia prima	39
3.2.7	Selección y acondicionado de la muestra	39
3.3	Parte experimental	39
3.3.1	Evaluación organoléptica	39
3.3.2	Obtención del extracto	39
3.3.3	Análisis fitoquímico <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya roja”	40
3.3.4	Ensayo de actividad antioxidante por método (DPPH).....	41
IV.	RESULTADOS	43
V.	DISCUSIÓN	46
VI.	CONCLUSIONES	48
VII.	RECOMENDACIONES	49
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
IX.	ANEXOS	58

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Aspectos químicos de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya”	21
Tabla N°2. Fuentes comunes de radicales libres y fuentes comunes de antioxidante.....	32
Tabla N°3. Determinación de las absorbancias	42
Tabla N°4. Determinación de las absorbancias del extracto etanólico de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya”.....	42
Tabla N°5. Resultados del cálculo del IC ₅₀	42
Tabla N°6. Características Organolépticas de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya” ...	43
Tabla N°7. Solubilidad del extracto etanólico de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya”.....	43
Tabla N°8. Análisis cualitativo del extracto etanólico de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya”.....	44
Tabla N°9. Resultados del extracto etanólico de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya”.	44
Tabla N°10. Resultados del trolox.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivos de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya” Huaral.....	16
Figura 2. Frutos de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya” Huaral	17
Figura 3. Estructura del ácido L-ascórbico y ácido isoascórbico.....	28
Figura 4. Método de captación del radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH)...	35
Gráfica 1. Absorbancia vs concentración del extracto etanólico de <i>Hylocereus undatus</i> “pitahaya”.....	45
Gráfica 2. Absorbancia vs concentración del Trolox	45

GLOSARIO

DPPH: 2,2- difenil-1-picrilhidrazilo

TEAC: Capacidad antioxidante equivalente al trolox

TROLOX: (6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico 97%)

IC₅₀: Concentración máxima de la media inhibitoria.

ABTS: Ácido 2,2', azino- bis (3-etilbenzotiazolin)-6- sulfónico

DMPD: Diclorhidrato de N, N-Dimetil- fenilendiamina

AE: Eficiencia Antirradical

DRAGON FRUIT: Fruta del dragón

ROS: Especies reactivas de oxígeno

RL: Radicales libres

GPx: Glutación peroxidasa

MeOH: Metanol

ADN: Ácido desoxirribonucleico

FST: Fenoles solubles totales

Cu⁺²: Cobre estado de oxidación II

O²: Oxígeno

RESUMEN

Los antioxidantes son esenciales en el cuerpo humano para prevenir el daño oxidativo, estas sustancias pueden obtenerse de diferentes fuentes como frutas y plantas. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" y determinar los fitoconstituyentes, Se utilizó el método químico: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo DPPH (Brand-Williams W). El tipo de estudio es cuasi experimental, analítico, descriptivo y prospectivo. Se preparó el extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya", se evaluó la actividad antioxidante y se determinó los fitoconstituyentes. La evaluación de la actividad antioxidante se expresa en IC₅₀ (concentración mínima necesaria para inhibir al 50 % el DPPH) cuyo resultado fue 1,331 ug/mL, se concluye que el extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" presenta actividad antioxidante, por lo que se considera una fuente de antioxidantes naturales. Además, se identificaron los siguientes fitoconstituyentes en dicho extracto carbohidratos, azúcares reductores, flavonoides, compuestos fenólicos, esteroides y alcaloides.

Palabras clave: Actividad antioxidante, vitamina C, pitahaya roja, método DPPH.

ABSTRACT

Antioxidants are essential in the human body to prevent oxidative damage; these substances can be obtained from different sources such as fruits and plants. The objective of this research work was to evaluate the antioxidant activity of the ethanol extract of the mesocarp of the fruit of *Hylocereus undatus* "pitahaya" and to determine the phytoconstituents. The chemical method was used: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl DPPH (Brand-Williams W). The type of study is quasi-experimental, analytical, descriptive and prospective. The ethanolic extract of the mesocarp of the fruit of *Hylocereus undatus* "pitahaya" was prepared, the antioxidant activity was evaluated and the phytoconstituents were determined. The evaluation of the antioxidant activity is expressed in IC₅₀ (minimum concentration necessary to inhibit 50% DPPH) whose result was 1,331 ug / mL, it is concluded that the ethanol extract of the mesocarp of the fruit of *Hylocereus undatus* "pitahaya" presents antioxidant activity, so it is considered a source of natural antioxidants. In addition, the following phytoconstituents were identified in said extract carbohydrates, reducing sugars, flavonoids, phenolic compounds, steroids and alkaloids.

Key words: Antioxidant activity, vitamin C, red pitahaya, DPPH method.

I. INTRODUCCIÓN

Los antioxidantes son moléculas que actúan antes o durante una reacción en cadena de los radicales libres; ya sea en la etapa de iniciación, propagación, terminación, descomposición o en la subsecuente oxidación de los productos ⁽¹⁾. Por otro lado, los prooxidantes son especies altamente reactivas de radicales libres o especies reactivas de oxígeno que están presentes en los sistemas biológicos; provienen de una amplia variedad de fuentes ⁽²⁾ y se encuentran tanto en los alimentos como en los sistemas biológicos.

Los antioxidantes derivados de las plantas desde el punto de vista fitoquímico pueden ser taninos, lignanos, estilbenos, cumarinas, quinonas, xantonas, ácidos fenólicos, flavones, flavonoles, catequinas, antocianinas y proantocianinas los cuales debido a sus propiedades redox pueden actuar como donadores de hidrógenos y de esta manera prevenir o retrasar el desarrollo de enfermedades degenerativas. ⁽³⁾

El estrés oxidativo surge en sistemas biológicos después de una prolongada exposición a oxidantes, o a una disminución de la capacidad antioxidante del sistema y está frecuentemente asociado con la generación de radicales libres como las especies reactivas oxigenadas (EROs), las cuales están fuertemente implicadas en la patología de enfermedades como el cáncer, enfermedades cardíacas, arterosclerosis; enfermedades cerebrales y el envejecimiento prematuro, entre otras.^(4,5) Cuando un exceso de radicales libres se forma, puede causar la inhibición de enzimas como la superóxido dismutasa, catalasas y peroxidasas. Esto genera efectos letales en las células por la oxidación de lípidos, proteínas, DNA y enzimas; ocasionando reacciones en cadena que perpetúan la producción de más radicales libres y aumenta el daño de tejidos. Sin embargo, los compuestos antioxidantes tienen la capacidad de inhibir o interrumpir las reacciones de transformación que causan daños a las mencionadas biomoléculas. ⁽⁶⁾

En los alimentos el proceso de auto-oxidación y generación de la rancidez es causado por radicales libres como consecuencia de la peroxidación lipídica y en los sistemas vivos los radicales libres atacan moléculas biológicas claves, produciendo muchas enfermedades degenerativas.⁽⁷⁾ Un desequilibrio entre prooxidantes y antioxidantes en el organismo genera el fenómeno llamado estrés oxidativo, el cual está implicado el desarrollo de enfermedades crónicas tales como cáncer, arteriosclerosis, artritis reumatoidea, algunas formas de anemia, diabetes, entre otras.⁽⁸⁾

El Perú posee una alta diversidad de especies vegetales que presentan una amplia gama de moléculas orgánicas, estas moléculas entre las que se encuentran los antioxidantes; flavonoides en su mayoría muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo atribuyéndoseles la prevención de enfermedades cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas. Algunas frutas tienen un alto contenido de antioxidantes, debido a que estas moléculas disminuyen o retardan las reacciones de oxidación sobre diferentes sustratos, por lo que es importante su consumo frecuente.

Las enfermedades neurodegenerativas son afecciones que generalmente se encuentran en pacientes de la tercera edad, sin embargo, pueden aparecer en diversas etapas de la vida la más común es la enfermedad de Alzheimer y Párkinson a nivel mundial. Por lo tanto, se han venido realizando desde hace ya algunos años, varios estudios sobre los antioxidantes de origen natural en algunas especies vegetales como frutas, verduras etc. con el fin de que puedan ser utilizados en la industria alimentaria, cosmética y medicinal ya que se presume que no causan problemas para la salud.

En las dos últimas décadas, los estudios sobre la capacidad antioxidante de plantas y frutos han aumentado debido al desarrollo de nuevas técnicas y la necesidad de mejorar la salud humana.

1.1. Planteamiento del problema

Los antioxidantes sintéticos en la industria alimentaria, cosmética y medicinal pueden ser definidos como una sustancia capaz de retardar, prevenir o inhibir el desarrollo de la rancidez o la aparición de otros compuestos de deterioro debido a la oxidación. Los antioxidantes sintéticos son los más utilizados por la industria alimentaria debido a su alto grado de estabilidad, eficacia y ventaja económica. Actualmente estudios toxicológicos han demostrado que los antioxidantes sintéticos presentan efectos tóxicos y son promotores de algunos tipos de cáncer, entre otros efectos fisiológicos.

Los antioxidantes naturales provenientes de plantas han sido frecuentemente usados en diferentes campos de la industria farmacéutica como preservantes en alimentos y en medicina. Tales como quercetina, α -tocoferol y β -caroteno, entre otros, que presentan una actividad comparable con los antioxidantes sintéticos de mayor uso como 2-terbutil-hidroxitolueno (BHT) y 2-terbutil-hidroxianisol (BHA); los cuales, sin embargo, pese a sus propiedades antioxidantes presentan la desventaja de ser tóxicos. ⁽⁹⁾

El interés por los antioxidantes naturales se ha incrementado dramáticamente, debido principalmente a tres razones: la baja seguridad que ofrece el consumo de los antioxidantes sintéticos, la eficacia antioxidante de una variedad de agentes fitoquímicos y la idea generalizada que el consumo de ciertos agentes fitoquímicos pueden afectar de manera positiva la patología de las enfermedades crónicas y el proceso de envejecimiento, además la creencia de que los compuestos naturales son innatamente más seguros que los compuestos sintéticos y por consiguiente son comercialmente más aceptados ya sea como reguladores, inhibidores enzimáticos, conservantes, entre otros.

Por lo expuesto anteriormente nos planteamos la siguiente pregunta de investigación.

1.2. Formulación del problema

¿Tendrá actividad antioxidante el extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" y cuáles serán los fitoconstituyentes?

1.3 Justificación

La actividad antioxidante tiene una función importante en los síndromes neurodegenerativos ya que contribuye a la disminución de los radicales libres, estrés oxidativo y prevención de células cancerígenas. A pesar de los estudios científicos en cuanto al conocimiento de las enfermedades y su tratamiento, aún existen muchas dudas con respecto a su origen. ⁽¹⁰⁾ Por tal razón, han sido estudiados desde hace muchos años, demostrando sus grandes efectos biológicos en la salud humana. Ya que estos compuestos generadores de oxidación de biomoléculas se han relacionado fundamentalmente con procesos degenerativos debido a las mutaciones que producen en el ADN que favorecen la proliferación celular al alterar factores de transcripción. En el presente estudio se evaluó la actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” y se determinó los fitoconstituyentes, basándonos en investigaciones previas que reportan efectos beneficiosos en la población que lo consume. El fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” cuenta con propiedades nutricionales y medicinales altamente beneficiosas para el organismo humano como fibra, calcio, fósforo y vitamina C, fortalece los huesos y dientes por lo que se sugiere su consumo en niños y jóvenes. El gran contenido de vitamina C de esta fruta refuerza el sistema inmunológico, es un antioxidante natural que evita el envejecimiento prematuro y además promueve la generación de colágeno, teniendo así una amplia gama de aplicaciones ya sea para ayudar en la reducción de los niveles de presión arterial, el alivio de problemas estomacales e intestinales, e incluso también ha sido recomendada para la diabetes y para contrarrestar enfermedades como el cáncer. Todo ello ha generado el interés por el estudio de los procesos relacionados con las especies reactivas de oxígeno, los que están íntimamente asociados con el estrés oxidativo y la función que cumplen los antioxidantes. ⁽¹¹⁾ Por ende, las plantas nos ofrecen una oportunidad insuperable para el descubrimiento de nuevos compuestos naturales con actividad antioxidante, para la prevención de muchas enfermedades. Desde el punto de vista social las plantas son de vital importancia porque pueden ser consumidas como alimentos o utilizadas para aliviar problemas de salud y proporcionando bienestar sobre todo a las personas de bajos recursos económicos. ⁽¹²⁾

1.4 HIPÓTESIS.

El mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”, contiene fitoconstituyentes que presentan actividad antioxidante.

1.5 Objetivos:

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” y determinar los fitoconstituyentes.

1.5.2. Objetivos específicos

Evaluar la actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”

Determinar cualitativamente los fitoconstituyentes del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”

1.6 Variables

1.6.1. Variable independiente

Extracto etanólico del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”

1.6.2. Variable dependiente

Actividad antioxidante del extracto etanólico del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Molina, E. En su artículo titulado “La exportación de la pitahaya roja es el negocio del futuro” publicado en la REVISTA OKONOMIA. (2013) afirma que Daniel Roldán Presidente de Asociación de productores de pitahaya (asopitahaya) señala que 300 toneladas de la fruta son producidas al año, que a causa del factor climático esta cifra posee una variación del 20%. En el Ecuador el cultivo de esta fruta es nuevo y la comercialización de la misma constituye una alternativa para el desarrollo económico del país, debido a que posee los factores ambientales necesarios para su desarrollo tales como la ubicación geográfica, el clima y la tierra. La pitahaya cuenta con propiedades nutricionales y medicinales altamente beneficiosas para el organismo humano como fibra, calcio, fósforo y vitamina C, teniendo así una amplia gama de aplicaciones, ya sea para ayuda en la reducción de los niveles de presión arterial, al alivio de problemas estomacales e intestinales, ya que tiene un efecto laxante; e incluso también ha sido recomendada para la diabetes, y para contrarrestar enfermedades silenciosas como el cáncer. ⁽¹³⁾

Charles, D. En su artículo titulado “Fuentes de antioxidantes naturales y sus actividades. Propiedades antioxidantes de especias, hierbas y otras fuentes” publicado en Editorial Springer Verlag Nueva York, (2013) afirma que se ha demostrado que muchas plantas producen sustancias antioxidantes. Esto ha hecho que sea cada vez mayor el interés en la búsqueda de antioxidantes de origen natural, que en su mayoría se debe a la presencia de compuestos fenólicos, los cuales son poderosos secuestradores de especies reactivas de oxígeno, además de tener la capacidad de inhibir enzimas generadoras de radicales libres, por cuyo motivo, la búsqueda de poderosos componentes antioxidantes en los alimentos constituye un objetivo de alta prioridad. ⁽¹⁴⁾

Cayupán C Y S, M J Ochoa, M A Nazareno. En su artículo titulado “Sustancias promotoras de la salud y propiedades antioxidantes de *Opuntia* sp. Frutas cambios en los contenidos del compuesto bioactivo durante el proceso de maduración”. *Food Chem.* (2011) dichos autores manifiestan que los frutos que contienen betalainas también poseen fenoles de diferentes tipos, excepto antocianinas, pues estas dos clases de pigmentos son mutuamente excluyentes. Se estudiaron varios frutos de cactus *Opuntia* de diferentes colores de pulpa de Argentina en sus estados fisiológicos maduros. Los análisis de estos frutos mostraron valores sólidos solubles totales muy variables y contenidos de ácido ascórbico que variaron de 0.26 a 0.48 mg / g. Los contenidos totales de compuestos fenólicos fueron entre 0.54 y 1.2 mg de ácido gálico / g, respectivamente. Purple *Opuntia* spp., Púrpura oscuro *Opuntia ficus-indica* y naranja *Opuntia megacantha* presentó los niveles más altos entre las muestras estudiadas. La actividad antioxidante de los frutos de *Opuntia* fue muy variable y presentó valores equivalentes de vitamina C (VCEAC) entre 0.25 y 0.57 mg / g. Purple *Opuntia ficus-indica* mostró la mayor capacidad antirradical. Además, la actividad antioxidante, el ácido ascórbico y el contenido de compuestos fenólicos en frutos de *Opuntia megacantha* amarillos y naranjas se controlaron en diferentes etapas durante su proceso de maduración. También se midieron los cambios de concentración de betalainas y clorofilas en la comparación de la piel y la pulpa y otros parámetros fisicoquímicos en estas frutas. ⁽¹⁵⁾

Leticia García-Cruz, Y Salinas-Moreno, S Valle-Guadarrama, I Alia-Tejacal. En el artículo titulado “Betalinas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitahaya de mayo (*Stenocereus griseus* h.)”. Publicado en *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35 (2012) su objetivo del trabajo fue analizar el fruto de dos variedades de pitahaya roja (PR) y pitahaya naranja (PN), en cuanto al contenido de betalainas totales (betacianinas + betaxantinas), fenoles solubles totales y ácidos fenólicos, así como el poder antioxidante que se evaluó mediante el ensayo DPPH y cálculo del IC50. La Pitahaya naranja mostró un valor de IC50, que es la concentración del extracto con la cual se logra una reducción de 50 % del radical DPPH, de $59.8 \pm 0.32 \mu\text{M}$, en tanto que en la Pitahaya roja fue de $161.7 \pm 4.8 \mu\text{M}$, lo que muestra una mayor capacidad antioxidante en la Pitahaya roja. La actividad antioxidante de los frutos de pitahaya se atribuye principalmente a la presencia de betalainas.

Migliore L, Coppedè F. En su artículo titulado “Estrés oxidativo inducido por el medio ambiente en trastornos neurodegenerativos y envejecimiento” publicado Investigación de Mutación / Toxicología Genética y Mutagénesis Ambiental. (2009), investigadores manifiestan que los radicales libres derivados principalmente del oxígeno molecular han sido implicados y considerados como factores de riesgo asociados para una variedad de trastornos humanos incluyendo enfermedades neurodegenerativas y envejecimiento. El daño a las biomoléculas de los tejidos, incluyendo los lípidos, las proteínas y el ADN. El papel de los antecedentes genéticos se discute a la luz de la implicación del estrés oxidativo, centrándose en las enfermedades neurodegenerativas complejas (enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson). ⁽¹⁷⁾

Lourith N, Kanlayavattanakul M, Chanpirom S. En su artículo titulado “La eficacia de eliminación de radicales libres de la capa de siembra de Tamarindo y su aplicación de cosméticos”. Publicado en J. Health Res. (2009), Estudios realizados en un extracto metanólico de la corteza de la semilla de tamarindo, con polifenoles, proantocianidinas y (-) epicatequina en su composición, mostró un efecto antioxidante similar a un equivalente de 0,5 µg/mL de Trolox en modelos in vitro de inducción de la oxidación de lipoproteínas de baja densidad, estimulado por la presencia de Cu²⁺ y de oxidación del DNA a través del radical hidroxilo. En función de estas propiedades antioxidantes en seis extractos diferentes encontraron aplicación en cosmetología, al ser incorporados a lociones. Aquellas lociones formuladas con los compuestos extraídos con acetato de etilo resultaron las más activas como antioxidantes. El fruto del tamarindo también ha sido descrito como antioxidante. Extractos metanólicos obtenidos a partir de este órgano, mostraron la mayor actividad en comparación con los de otras 13 especies evaluadas. Las técnicas para estudiar la actividad antioxidante fueron: inhibición del radical DPPH, inhibición del catión radical 2,2-azinobis-(3-etilbenyodotiazolin)-6-sulfonato (ABTS). ⁽¹⁸⁾

Gutierrez A, Ledesma L, Garcia I, Grajales O. Realizaron un estudio denominado “capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México”. Publicado en Rev. Cubana Salud Pública en el (2007), cuyo objetivo fue evaluar la capacidad antioxidante total de 24 alimentos convencionales y nueve propios de la región del estado de Chiapas, obtuvieron como resultado que la

guayaba, papaya, manzana y naranja fueron las frutas que destacaron por sus mayores valores de capacidad antioxidante total, lo que se sustenta en parte por sus elevados niveles de vitamina C, carotenos y polifenoles, que son fitoquímicos con poder reductor que se encuentran en los alimentos.⁽¹⁹⁾

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Aparcana M, Y Villarreal L, realizaron una tesis titulada “Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos del fruto de *Physalis Peruviana* “aguaymanto” de diferentes lugares geográficos del Perú”. Para optar el título de Químico Farmacéutico en Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2014) el objetivo del trabajo fue valorar y comparar el contenido de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos del fruto de aguaymanto, provenientes de Ancash, Junín, Cajamarca y Huánuco, por los métodos del DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) y ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico). En sus conclusiones afirma que el fruto de *Physalis peruviana* L. Procedente de Huánuco presentó mayor contenido de compuestos fenólicos expresados como $149,3 \pm 1,62$ mg/Eq de ácido gálico/100 g de fruto por el método de Folin-Ciocalteu, donde observaron mayor capacidad antioxidante determinado por el método del DPPH, así mismo reportaron que la concentración inhibitoria IC50 fue de 1,86 mg/mL y por el método del ABTS obtuvieron como concentración inhibitoria IC50 1,29 mg/mL. El fruto proveniente de Huánuco presentó mayor capacidad antioxidante comparado con los frutos provenientes de Junín, Cajamarca y Ancash; por lo que resultaría una buena fuente de consumo en beneficio para la salud.⁽²⁰⁾

Oliveira, G. Realizó una tesis titulada “capacidad antioxidante de *averrhoa carambola* L. (carambola) frente a sistemas generadores de radicales libres” Para optar el Grado Académico de Magister en Nutrición con mención en Aspectos Biológicos de la Nutrición en Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2014), su estudio fue de tipo analítico, cuasi-experimental, transversal y prospectivo, el objetivo del estudio fue evaluar la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *Averrhoa carambola* L. (carambola) frente a diversos sistemas generadores de radicales libres, donde determinó cuantitativamente los contenidos de polifenoles, flavonoides y vitamina C, así como también evaluó sus propiedades mediante

reacciones con el radical libre estable DPPH*, el TPTZ- Fe⁺³ y su capacidad para reducir el ferricianuro de potasio, como resultado obtuvo el contenido de vitamina C fue más elevado en el fruto, mientras que los polifenoles estuvieron en mayor cantidad en la hoja; en cuanto a los flavonoides, éstos se encontraron en semejante cantidad tanto en fruto como en hoja. Con respecto a la capacidad de reaccionar con el radical libre estable DPPH*, el IC₅₀ que se obtuvo fue menor en la hoja, lo que indica que tiene una mejor actividad frente al DPPH*, así como también el efecto antioxidante evaluado con la técnica FRAP mostró un valor más elevado para la hoja. También la hoja mostró tener un mayor poder reductor que el fruto sobre el ferricianuro de potasio. Los resultados muestran que la hoja exhibe una mayor capacidad antioxidante que el fruto de la *Averrhoa carambola L.* (carambola).⁽²¹⁾

Doroteo. V, Diaz. C, Terry. C, Rojas. R. Realizaron una investigación titulada “Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de 6 plantas peruanas”. Publicada en Revista de la sociedad Química del Perú (2013), En dicho estudio evaluaron el efecto antioxidante de 6 extractos hidroalcohólicos de *Uncaria tomentosa* (uña de gato), *Zea mays* (maíz morado), *Smallantus sonchifolius* (yacón), *Lepidium meyenii* (maca), *Krameria triandra* (ratania) y *Physallis peruviana* (aguaymanto). La actividad antioxidante in vitro de dichos extractos fue determinada por medio de los ensayos de inhibición de radicales DPPH, superóxido e hidroxilo; como también a través de la medición de su poder reductor y actividad antioxidante total. Los extractos con mayor actividad antioxidante fueron los de uña de gato y ratania, lo cual puede deberse a sus altos contenidos de ácido ascórbico, flavonoides y compuestos fenólicos totales.⁽¹²⁾

Hernández-Varela, J., Moncayo, A., Fernández, V., & Sulbarán, B. en el artículo titulado “Actividad antioxidante de lámina flexible de mango (*Mangifera indica*)”. Publicado en la Revista de la Sociedad Química del Perú, (2013). En un trabajo de investigación en el que se evalúa la capacidad antioxidante total de lámina flexible de mango (*Mangifera indica*) y el contenido de polifenoles totales en láminas flexibles de mango, se observó un mayor contenido de estos compuestos en la lámina en comparación con lo que se obtuvo en el fruto, lo cual se atribuyó a un mayor contenido de azúcares (Brix°), ya que la estructura química de los polifenoles presenta uno o más anillos bencénicos con radicales hidroxilos generalmente

unidos a azúcares. Los resultados sugieren que el consumo de la lámina flexible de mango constituye una alternativa de consumo de compuestos antioxidantes y nutritivos en la dieta. ⁽²²⁾

2.2. Clasificación taxonómica

La muestra fue identificada en el museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (N°35-USM-2016) según el sistema de clasificación de Cronquist (1981). *Hylocereus undatus* “pitahaya” tiene la siguiente posición taxonómica. ^(23,24)

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

SUB CLASE: Caryophyllidae

ORDEN: Caryophyllales

FAMILIA: Cactaceae

GÉNERO: *Hylocereus*

ESPECIE: *Hylocereus undatus*

NOMBRE VULGAR: “pitahaya roja”

2.2.1. Nombres científicos

Hylocereus undatus “pitahaya”

2.2.2. Nombres comunes

Según el país en que se encuentre la pitahaya recibe distintos nombres, entre los que destacan: pitahaya, pitajaya (Colombia), Dragon fruit, Belle of the night (inglés), Belle de nuit (Francia), Distelbrin (Alemania), flor de cáliz (Venezuela, Puerto Rico), entre otros. ⁽²³⁾

La palabra pitahaya proviene de las Antillas Mayores, del idioma taíno, y significa “fruta escamosa”. Sin embargo, existen variantes fonéticas. Al fruto se le conoce como pitaya, pitaaya o pitahaya. Pero la pronunciación correcta es “pitajaya”, ya que, tanto en el idioma taíno como en el maya de Yucatán, la h no es muda, sino que tienen una dicción similar a la j. Además, la pitahaya tiene muchas

denominaciones en los varios sitios donde se consume. Por ejemplo, en Jalisco se le conoce como “junco tapatío” y en Yucatán los indios mayas la llaman wob, sac wob y chac wob. Asimismo, en Japón se le conoce como “fruta dragón” y en Israel como “fruta roja del Edén”. Las pitahayas poseen tallos largos y delgados y a diferencia de los frutos de otras cactáceas, como la tuna, su fruto no presenta espinas. Se agrupan científicamente en dos géneros: *Selenicereus* e *Hylocereus*; y las especies más conocidas y apreciadas mundialmente son *Selenicereus megalanthus*, la pitahaya amarilla, e *Hylocereus undatus*, “pitahaya roja”. ⁽²⁵⁾

La especie *Hylocereus undatus* “pitahaya” es una planta originaria de regiones tropicales de América y se distribuye desde México hasta Centro América, en donde constituye un recurso genético importante. Es una planta cactácea perenne, trepadora, que comúnmente crece sobre árboles o piedras debido a que no puede sostenerse por sí misma. ⁽²³⁾

2.2.3. Origen y distribución geográfica actual de cultivo.

Esta especie vegetal es originaria del continente asiático principalmente en Turquía e Irán. Los principales productores en la actualidad son: Alemania, España y Francia. En el Ecuador, se produce en la zona del Pacífico donde se le conoce como la capital de la ciruela del país. En este lugar existen 4500 hectáreas dedicadas al cultivo de esta fruta. Es una comunidad de la parroquia Julio Moreno, ubicada a 110 kilómetros de la capital de la provincia de Santa Elena. ⁽²⁶⁾

El origen de *Hylocereus undatus*: son los bosques tropicales y subtropicales de México y Centro y Sudamérica (incluyendo el sur de México, el lado del Pacífico de Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Venezuela, Colombia, Ecuador, Curaçao, Nicaragua, Panamá, Brasil y Uruguay). ⁽²⁷⁾ Desde su centro de origen la pitahaya se ha dispersado hacia América tropical y subtropical, Asia, Australia y el Medio Oriente, siendo *Hylocereus undatus* la especie más cosmopolita.

Descripción del fruto de la pitahaya: El fruto es mediano a largo, es una baya epigea de forma oblonga. La baya se distingue por su piel roja con largas brácteas. La pulpa del fruto de la pitahaya puede ser blanca, roja o amarilla y su contenido de jugo depende de las variedades y/o especies. Al pick de la madurez los frutos se vuelven rojo-rosados, aunque las brácteas permanecen verdes. La parte comestible del fruto de la pitahaya es el mesocarpio, el cual tiene una textura

mucilaginosa con muchas semillas pequeñas, las que son blandas y están distribuidas homogéneamente en toda la pulpa. La pulpa representa el 60-80% del peso de un fruto maduro en la mayoría de las especies de *Hylocereus*. El rendimiento de jugo sin semillas es mucho menor, representando sólo el 55% en algunos cultivares de pitahaya. El mesocarpio contiene 82-88% de agua con un contenido habitual de sólidos solubles de 70-110 g/L a la madurez. ⁽²⁴⁾

El sabor de la pulpa es similar al del kiwi. La pulpa de la pitahaya puede ser enfriada y cortada por la mitad para mostrar la atractiva pulpa, y luego se corta o se saca con una cuchara. Es ampliamente usada en ensaladas de fruta en restaurantes. ⁽²⁸⁾

Estos frutos no son muy cultivados a escala comercial fuera de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Sin embargo, en Vietnam *Hylocereus undatus* ha tenido un desarrollo extenso con casi 2.000 hectáreas cultivadas. En otros lugares, las pitahayas son consideradas “frutos nuevos”, con un futuro prometedor y son cultivadas a largas escalas en Australia e Israel. ⁽²⁴⁾

2.2.4. Variedades

Existen dos variedades comestibles de diferente tamaño y color, la amarilla y la roja, las dos procedentes de plantas de las Cactáceas. La clasificación de las especies de cactus comestibles se basa en la naturaleza del hábito crecimiento, el color de la cáscara del fruto y el color de la pulpa. Los cactus comestibles son divididos en 3 grupos basado en su hábito de crecimiento ⁽²⁷⁾

Pitahaya amarilla

La Pitahaya es una fruta tropical, originaría del continente americano, es posible encontrarla en países como Colombia, Panamá, Costa Rica, Haití y Venezuela. El nombre fue otorgado por los haitianos, puesto que su significado es el de fruta espinosa, aunque el país de origen de la planta es incierto. Fue introducida en Hawái en el año 1.836, y se volvió muy popular allí. Existen más de 17 variedades, que crecen desde el nivel del mar, hasta los 1.800 metros de altura, no obstante, los mejores ejemplares se encuentran a los 800 metros aproximadamente.

Es un cactus que puede crecer tanto en la tierra como sobre otras plantas, esto gracias a sus raíces adventicias y su tallo de tres costillas. Por hojas trae espinas delgadas, alargadas y subcónicas, mientras que su flor se caracteriza por su gran

tamaño, ya que alcanza los 30 cm de longitud, siendo externamente de color blanco o ligeramente verdosa. La fruta de la pitahaya es ovoide de entre 8 y 10 cm de largo y 7 cm de ancho, verde en su juventud y en su madurez amarilla, con una corteza llena de escamas foliáceas. Al principio la pulpa de la fruta es de color blanco con numerosas semillas pequeñas de color marrón oscuro.

Otro tipo de pitahaya muy conocida de la llamada “Colombiana”, la que pertenece al género *Selenicereus*. Sus tallos son de color verde intenso, con espinas de color cremoso. Es una pitahaya proveniente de Colombia, con fruto alargado y pequeño. La cáscara es amarilla y la pulpa es blanca al madurar. Presenta grupos de espinas, las que se desprenden fácilmente a la madurez usando una brocha o cepillo. El fruto alcanza los 250 g y 19° Brix. ⁽²⁹⁾

Pitahaya roja

Es utilizada en diferentes ámbitos de la vida, como por ejemplo la salud, la Gastronomía. Crece en zonas donde existe una gran capacidad de desarrollo de suelo y donde el medio ambiente es favorable. ⁽³⁰⁾

Propiedades nutricionales de la Pitaya, pitahaya o fruta del dragón

La Pitaya contiene, entre otros, antioxidantes, mucílagos, ácido ascórbico, fenoles. Esta fruta es rica en Vitamina C, también contiene vitaminas del grupo B (como la B1 o tiamina, B3 o niacina y la B2 o rivotflavina), minerales como calcio, fósforo, hierro, y tiene alto contenido en agua y posee proteína vegetal y fibra soluble. Las semillas, que son comestibles, contienen ácidos grasos beneficiosos. La Pitahaya tiene acción antitumoral, antiinflamatoria y antioxidante. ⁽³⁰⁾

2.2.5. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Raíz. -Las pitahayas tienen dos tipos de raíces; las que se encuentran en el suelo y las o que se desarrollan principalmente fuera del suelo y sin tocarlo salvo ocasionalmente con sus puntas.

Las raíces primarias crecen siguiendo el nivel del suelo, profundizan de 25 cm y su área de expansión es de aproximadamente 30 cm de diámetro. Esta información debe tomarse en cuenta al planear los aporques a las plantas, fertilización, control

de malezas y establecimiento de otros cultivos en los primeros años del crecimiento de la planta.

Las raíces secundarias se producen después de una prolongada sequía siendo sus funciones el fijar y sostener las plantas a su tutor y absorber sustancias nutritivas y agua del ambiente. ^(24,29)

Tallo. Las plantas son perennes de carácter terrestre o epifítico; con tallos triangulares verdes y a veces más o menos glaucos con la edad; en la Mixteca trepan sobre árboles como el mezquite, el guaje, el pitayo *Hylocereus* - *Prosopis juliflora* *Leucaena glauca* (*Stenocereus spp.*) y la palma real (*Sabal mexicana*) o por muros de bardas y troncos secos. Las plantas son muy largas y ramificadas, de 5-6 cm de diámetro; normalmente tienen 3 costillas anchas, delgadas, con margen sinuado y con la edad algo córneo en la base y sólo 2 costillas en la parte apical del brote; el aplastamiento de los tallos parece ser una adaptación para maximizar la intercepción de los rayos solares en el habitat sombreado donde crece.

Los tallos son extremadamente suculentos; la epidermis es gruesa con estomas presentes o pequeños agujeros hundidos; mucílagos y otras sustancias regulan la pérdida de agua en época de sequía; en las horas más calientes las estomas se cierran y la planta pierde menos agua; areolas ambientales de filtro lanoso distantes entre sí de 3-4 cm; espinas pequeñas (4-6 mm de largo) en grupos hasta de 4.

Las pitahayas crecen en secciones que alcanzan de 0,5 a 2 m de largo. Aunque son de hábito trepador, ramifican y cuelgan; los tallos colgantes son los que producen flores y frutos; por esta razón se recomienda el uso de tutores. Los caprinos suelen consumir los tallos tiernos de esta planta; el hombre también puede aprovecharla con su alimentación, cocido, como lo hace con los nopales. ^(24,29)

Flor. -Es hermafrodita; grande y mide de 15- 30 cm de largo; vistosa, de color blanco o rosado; tubular, con segmentos exteriores blancos, erectos o lanceolados, anchos, enteros, apiculados; filamentos delgados color crema; ovario ínfero y unilocular; abre una sola vez en la noche, aunque han encontrado flores que abren durante la mañana y en las tardes; su aroma y miel atraen a muchos insectos; se auto fecundan, pero también pueden tener una fecundación cruzada. Durante el día, cuando las flores están cerradas, se han encontrado abejas en su interior. Las flores son erectas y cuando abren se orientan buscando la luz de la luna o del sol

en las primeras y las últimas horas del día. Las flores nacen en las axilas de las espinas, en las partes más expuestas a los rayos solares (Figura 1).^(24,29)

Figura 1. Cultivos de *Hylocereus undatus* “pitahaya” Huaral.



Fuente: propia.

La floración está en función de la humedad, luz, temperatura y la fertilización; cuando estos factores son favorables se presenta una buena floración. Si la fertilización no es suficiente o las ramas no están bien desarrolladas, puede ocurrir una floración abundante y posteriormente gran pérdida de flores. La primera floración ocurre en abril o mayo y la segunda en junio-agosto. Se tiene una duración aproximada de 125 días desde la floración hasta la recolección de frutos.

Fruto. -Es una baya de forma ovoide, redondeada o alargada, de 10-12 cm de diámetro; la cáscara tiene brácteas u “orejas” escamosas de consistencia carnosa y cerosa; la cantidad y tamaño de las brácteas depende de la variedad; el color del fruto en nuestro país varía de rosa mexicano a rojo púrpura, existiendo de otros colores como el amarillo con pulpa blanca y cáscara espinosa (éstas se cultivan en Colombia), rojo con pulpa roja con la cáscara conteniendo brácteas de cantidad, color y tamaño variado y de forma ovalada a redonda (éstas se cultivan en Nicaragua y Guatemala); abundantes semillas pequeñas (1 mm), brillantes, distribuidas en toda la pulpa.

Figura 2. Fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” Huaral.



Fuente: propia.

Las especies de pitahaya de pulpa blanca son las más productivas y las que menos problemas de aborto de frutos tienen; las pitahayas solferinas y rojas, aunque son grandes productoras de flores, presentan problemas de polinización por lo que no se recomiendan para plantaciones comerciales.

Las frutas pesan desde 200 g hasta más de 1 kilo. La pulpa y las semillas representan el 65 % del peso total de la fruta. La especie que se cita para México es la *Hylocereus undatus* “pitahaya” rosada. ⁽²⁷⁾

Crecimiento y desarrollo del fruto

Los frutos se desarrollan desde el ovario (la pulpa) y el receptáculo que rodea el ovario (la piel o cáscara). El fruto cambia el color de su cáscara desde verde a rojo cerca de 25 días después de la floración. La cáscara se vuelve completamente roja en los 4-5 días siguientes al primer cambio de color. Alrededor de 25-41 días después de floración, el peso seco de la pulpa del fruto aumenta significativamente, mientras que el peso seco de la cáscara y el porcentaje de agua de la cáscara disminuyen. La firmeza del fruto también disminuye durante este período. Frutos maduros pueden ser cosechados entre 30-50 días después de la polinización.

La parte comestible del fruto es el mesocarpio, el cual tiene una textura mucilaginoso con muchas semillas pequeñas, las que son blandas y están distribuidas homogéneamente en toda la pulpa. La pulpa representa el 60-80% del peso de un fruto maduro en la mayoría de las especies de *Hylocereus*. El rendimiento de jugo sin semillas es mucho menor, representando sólo el 55% en algunos cultivares de pitahaya. El mesocarpio contiene 82-88% de agua con un contenido habitual de sólidos solubles de 70-110 g/L a la madurez.

Las especies de *Hylocereus* con pulpa blanca tienen mayor contenido de sólidos solubles que las que tienen pulpa roja, y la distribución de los sólidos solubles en la pulpa del fruto no es homogénea, siendo la parte central más rica en azúcares que la parte más periférica. Los sólidos solubles son principalmente azúcares reductores, y más específicamente glucosa y fructosa, con contenidos de 300-550 g/L y 200 g/L respectivamente, dependiendo de la variedad y cultivares. ^(24,27,29,30)

2.2.6. Producción

La producción comienza al 2 año después de la plantación y al 5 año se alcanza la plena producción. El rendimiento promedio es de 10-12 toneladas por hectárea al final del 3 año. Sin embargo, plantaciones comerciales en Israel, Malasia y Taiwán producen entre 16-27 toneladas por hectárea. El manejo apropiado de la planta y el raleo de frutos mejoran el calibre y el rendimiento. El peso promedio de los frutos es aproximadamente 350 g. En Sri Lanka pueden obtenerse 18-22 de toneladas por hectárea frutos con un peso de frutos que varía entre 350-850 g/fruto, mientras que en México se obtuvieron 3,5 y 9,0 ton/ha al 3 y 4 año. ⁽²⁴⁾

2.2.7. Requerimientos del cultivo (clima, suelo)

Actualmente se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales de gran parte del mundo. Se ha extendido su siembra y comercialización hacia el sudeste asiático y norte de África. Sus flores son de color blanco, miden entre 20 y 28 cm de largo, son acampanadas con un diámetro máximo de unos 15 cm. Su fragancia les da un toque perfumado tenue y suave a las noches del área de la plantación, ya que las mismas abren al atardecer para ser polinizadas en la noche. La fruta de la pitahaya madura a temperatura ambiente, su cascara gruesa le permite mantenerse maduras en las plantas por más de una semana. Una técnica de recolección para

la exportación es recogerlas al comienzo de la maduración y “almacenarlas entre 9 y 18 °C”. (25)

La rusticidad de las especies de *Hylocereus* les permite prosperar bajo diferentes condiciones ecológicas. Posee una alta diversidad genética, lo que le ha permitido una amplia distribución geográfica y climática, desde lugares ubicados a nivel del mar hasta 1.746 m de altura; en zonas con precipitación promedio anual de 430 mm a más de 3.500 mm; en temperaturas promedio anual de 13 °C a 28,5 °C. Por ello, existen materiales adaptados a diferentes condiciones, pudiendo ser una alternativa en lugares donde las condiciones climáticas son inapropiadas para otros cultivos. (29)

En Nicaragua se señala que la pitahaya roja requiere 28-30 °C y la pitahaya amarilla 18-25 °C. Por su parte, afirman que el rango de temperatura promedio anual apropiado para el cultivo es 20-30 °C. La pitahaya puede sobrevivir en climas muy calurosos con temperaturas superiores a 38-40 °C. Temperaturas de -2 °C generan daños en las plantas, a -4 °C se ha observado muerte de plantas.

A diferencia de otras cactáceas, las cuales se originan del desierto, la pitahaya tiene su origen en áreas con suficientes lluvias (1.730-2.540 mm/año). Se requiere un promedio anual de precipitaciones de 500-1.500 mm para un crecimiento saludable de la planta. Lluvias excesivas pueden causar caídas de flores y a veces la pudrición de los frutos. La pitahaya roja requiere 500-700 mm de precipitaciones anuales, mientras que la pitahaya amarilla requiere 1.300-2.200 mm de precipitaciones anuales.

Aunque las especies de *Hylocereus* son hemiepífitas y, por lo tanto, crecen mejor en condiciones de semi-sombra (condiciones provistas por los árboles), ciertas especies pueden crecer perfectamente bien en condiciones de pleno sol (*Hylocereus undatus*, *Hylocereus costaricensis* y *Hylocereus purpusii*). Sin embargo, mucha exposición solar y escasez de agua puede llevar a quemaduras en los tallos. En el desierto de Neveg (Israel), las condiciones más favorables al crecimiento y producción de fruta se encontró a 30% de sombra para *Hylocereus polyrhizus*. El cultivo de *Hylocereus trigonus* sólo es posible con 50% de sombra.

La pitahaya puede ser cultivada en un amplio rango de suelos. El factor más importante es el buen drenaje, ya que no tolera el anegamiento. La pitahaya

requiere suelos franco arenosos para tener un buen crecimiento. En suelos arcillosos se provocan asfixias radiculares y cuando el suelo se seca, se agrieta y las raíces pueden sufrir daños mecánicos. La pitahaya prefiere suelos ligeramente ácidos (pH 5,5-6,5), y altos contenidos de materia orgánica también favorece bastante el cultivo. Puede tolerar algo la salinidad de suelo, sin embargo, el nivel de la tolerancia va a depender de los cultivares.

2.2.8. Cosecha

El momento de cosecha varía dependiendo del país donde se cultiva la pitahaya. La maduración para el hemisferio sur usualmente es desde diciembre a junio.

El fruto de la pitahaya es no climatérico, por lo que deben ser cosechados con niveles máximos de azúcar y acidez. Dentro del periodo de producción de frutos, la maduración no es continua, sino que ocurre a intervalos de aproximadamente 20 días dependiendo de los episodios de floración. Además, los frutos tienen que ser cosechados selectivamente ya que los frutos de una misma floración no maduran al mismo tiempo, por lo que es usual cosechar 2 veces por semana.

El índice de cosecha más usado es el cambio de color del fruto. El color de la piel del fruto avanzada la madurez cambia desde verde a rojo, rosado o amarillo, cuatro o cinco días después, los frutos alcanzan su máxima coloración.

En Colombia se recomienda cosechar con $\frac{1}{4}$ de cubrimiento (pintonas) para mercado externo, mientras que para el mercado interno se requeriría 50 % de cubrimiento. ^(29,27)

2.3. Aspectos químicos

La pitahaya es casi una porción de agua deliciosamente azucarada. Son frutos de muy bajo valor calórico, ya que apenas contienen hidratos de carbono. Destaca el contenido de vitamina C en la variedad roja, no así en la amarilla. La porción comestible supone un 55% del peso total. La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos, la resistencia a las infecciones y tiene acción antioxidante.

Tabla1. Aspectos químicos de *Hylocereus undatus* “pitahaya”

Composición de 100 g de parte comestible	
Calorías	36,00
Agua	89,40 g
Proteínas	0,50 g
Grasas	0,10 g
Carbohidratos	9,20 g
Fibra	0,30 g
Cenizas	0,50 g
Calcio	6,00 g
Fósforo	19,00 mg
Hierro	0,40 mg
Tiamina	0,01 mg
Riboflavina	0,03 mg
Niacina	0,20 mg
Ácido ascórbico	25,00 mg

Fuente: Rodríguez D, Patiño M, Miranda D, Fischer G, Galvis J, Haw, Rev. Fac. Nal. Agr, Vol.58, No.2, (2005).⁽²⁵⁾

2.3.1. ASPECTOS FARMACOLÓGICOS

La Pitahaya baja en calorías y con un escaso aporte nutritivo, se puede combinar con otras frutas que la enriquecen en matices y nutrientes, por lo que la pueden consumir los niños, los jóvenes, los adultos, los deportistas, las mujeres embarazadas o madres lactantes y las personas mayores.

Por su escaso valor calórico y la roja por su aporte de vitamina C, son adecuadas para quienes tienen un mayor riesgo de sufrir carencias de dicha vitamina: personas que no toleran los cítricos, el pimiento u otros vegetales, que son fuente casi exclusiva de vitamina C en nuestra alimentación o para personas cuyas necesidades nutritivas están aumentadas. Algunas de estas situaciones son: periodos de crecimiento, embarazo y lactancia materna. Así mismo, el tabaco, el

abuso del alcohol, el empleo de ciertos medicamentos, el estrés, la actividad física intensa, el cáncer y el sida y las enfermedades inflamatorias crónicas, que disminuyen el aprovechamiento y producen mala absorción de nutrientes.

La vitamina C, como antioxidante, contribuye a reducir el riesgo de múltiples enfermedades, entre ellas, las cardiovasculares, las degenerativas e incluso el cáncer. Además, debido a que la vitamina C aumenta la absorción del hierro de los alimentos, se aconseja en caso de anemia ferropénica, acompañando a los alimentos ricos en hierro o a los suplementos de este mineral ya que esto acelera la recuperación.

Propiedades de la Pitaya, pitahaya o fruta del dragón utilizados por los pobladores de la siguiente manera:

- La Pitahaya tiene acción antitumoral, antiinflamatoria y antioxidante.
- Beneficios y usos medicinales de la Pitahaya, pitaya o fruta del dragón.
- Retrasa el envejecimiento celular.
- Refuerza el sistema inmunológico.
- Estimula la producción de glóbulos blancos, rojos y plaquetas.
- Puede prevenir la arterioesclerosis.
- Nos ayudar a regular el tránsito intestinal.
- Reduce el riesgo de padecer infarto cerebral y cardiaco. ^(18,30)

2.3.2. Propiedades alimentarias

El fruto, por su presentación y color se presta muy bien para confeccionar arreglos frutales. La pulpa en pedazos es un buen complemento en ensaladas de frutas y por su color es una gran alternativa para cocteles vistosos. ⁽²³⁾

El fruto de la pitahaya se consume principalmente fresco; también puede utilizarse en cocteles, refrescos, dulces, jugos, jaleas, nieves y vinos. Las semillas contienen un aceite de efectos laxantes y ayudan al buen funcionamiento del aparato digestivo. La pulpa contiene una sustancia llamada captina que actúa como tonificante del corazón y calmante de los nervios. ^(17,23)

2.3.3. Propiedades cosméticas

se usa como base para elaboración de shampo, crema para manos y cuerpo, labiales y mascarillas es un extracto hidrosolubles antienvjecimiento, pieles maduras, antioxidante, fotoproteccion. Protección de la integridad de la piel y el cabello frente procesos oxidativos. Estimulante de la síntesis de colágeno, Reafirmante, Cicatrizante. Calmante, Reepitelizante, Hidratante sin parabenos. ⁽¹³⁾

2.4. Actividad antioxidante

Los antioxidantes de origen vegetal son un conjunto de fitoquímicos tales como las antocianinas, carotenoides, flavonoides y vitaminas, entre los más importantes. Este tipo de compuestos puede encontrarse en productos como tomate, uvas, zanahorias, mango, brocoli, aguacate, melón y muestran un amplio espectro de funciones biológicas cuando son consumidos en la dieta. ⁽³¹⁾

Los antioxidantes son compuestos que son capaces de prevenir e incluso contrarrestar los daños causado en tejido humano por el efecto normal de oxidación fisiológica. ⁽³²⁾

La determinación de la actividad antioxidante de los alimentos es importante para predecir el potencial antioxidante in vitro de los mismos antes de ser ingeridos; así mismo, nos permite determinar la protección frente a la oxidación y el deterioro del alimento que disminuye su calidad y valor nutricional. Los métodos de determinación de la actividad antioxidante se basan en distintos sistemas generadores de radicales libres. Dichos radicales reaccionarían con la muestra y en virtud de la capacidad antioxidante de esta se inhibiría la generación de los primeros. Así, lo que se determina realmente es el efecto antioxidante ya que la actividad antioxidante no se puede medir de forma directa. Lo ideal sería medir la actividad antioxidante de cada componente de la muestra por separado en el caso de muestras naturales, es muy difícil determinar el número y concentración de los compuestos antioxidantes presentes en la muestra. Las medidas de la actividad antirradicalaria se pueden realizar mediante dos estrategias distintas, en función de la información que se desea obtener. ⁽³³⁾

El consumo de frutas y verduras, ha sido asociado con la protección contra ciertas enfermedades, tales como enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares e

incluso cáncer, dicha actividad que se atribuye a los diferentes antioxidantes contenidos en ellos, como vitamina C, vitamina E, beta-caroteno, también se debe a otros compuestos tales como polifenoles y flavonoides (flavonas, isoflavonas, catequinas) son componentes que se consumen en la dieta que manifiestan una fuerte capacidad antioxidante. Es por esta razón que resulta importante determinar la capacidad antioxidante de las diferentes frutas y vegetales. ⁽³⁴⁾

Los antioxidantes son nutrientes capaces de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres, sin perder su estabilidad electroquímica. Actúan donando electrones y evitando que los radicales libres los capten de las células. Los antioxidantes utilizados en alimentos, previenen o inhiben el desarrollo de la rancidez o la aparición de otros compuestos de deterioro debido a la oxidación. ⁽³⁵⁾

La actividad antioxidante en productos de origen vegetal se debe principalmente a la presencia de antioxidantes naturales. Cuando estos antioxidantes están presentes en una baja concentración comparada con la del sustrato oxidable disminuyen significativamente o inhiben la oxidación de un sustrato. ⁽²⁾

Entre las sustancias antioxidantes se pueden mencionar al ácido lipoico, bilirrubina, bioflavonoides, vitamina E, vitamina C, vitamina A, carotenoides, compuestos fenólicos y flavonoides. ⁽²¹⁾

La actividad antioxidante no puede ser medida directamente, pero puede determinarse por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlada. En la medición de una muestra oxidante, pueden usarse intermediarios o productos finales para valorar la actividad antioxidante. ⁽³⁶⁾

Los flavonoides como antioxidantes pueden ayudar a proporcionar protección contra estas enfermedades. Actualmente, la mayor parte de los antioxidantes usados para esto se fabrican sintéticamente. Varios antioxidantes sintéticos son comercialmente accesibles, pero a la vez pueden ser tóxico, por lo tanto, es muy importante encontrar y desarrollar una nueva técnica y segura para determinación de antioxidantes de origen natural. ⁽³⁾

Los polifenoles constituyen uno de los principales compuestos con actividad antioxidante, presentes en las plantas y alimentos. Los flavonoides, son un tipo de

polifenoles que se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas y son sustancias que manifiestan una potente actividad antioxidante. ⁽²⁸⁾

Algunos polifenoles se encuentran sólo en determinados tipos de alimentos (flavanonas en cítricos, isoflavonas en soya), pero hay otros como la quercetina que se puede encontrar en una gran variedad de plantas (frutas, verduras, cereales, leguminosas, té, vino). Los alimentos contienen una mezcla de polifenoles y el contenido de éstos en una planta depende de algunos factores ambientales como la luz, el grado de madurez o grado de conservación, así como también del clima entre otros factores agronómicos. El té, el vino y el cacao, son alimentos muy ricos en polifenoles, los cuales constituyen una buena fuente de defensa antioxidante. ⁽³⁷⁾

La clasificación de estos antioxidantes tan beneficiosos para nosotros y nuestro organismo, se puede resumir en antioxidantes endógenos, que son los que produce nuestro propio organismo y antioxidantes naturales, que son los que están presentes en varias sustancias o alimentos como vitaminas, minerales y enzimas. Cada uno de ellos se encarga de proteger, impedir o disminuir la destrucción celular y a la vez aportar un alto porcentaje en nutrientes para nuestro organismo que nos ayudará a mantener nuestra salud en buen estado.

2.4.1. Tipos de antioxidantes

Hay diferentes grupos de antioxidantes los cuales tienen una función principal en las células, protegiéndolas tanto en el exterior (extra-celular) como en el interior (intra-celular) dado que los radicales libres, que anteriormente hemos hablado pueden atacar la célula tanto por dentro como por fuera. Los hay solubles en agua y solubles en grasas, es importante asegurarnos que ingerimos antioxidantes de los dos tipos, para garantizar una mejor protección de la membrana celular.

Para entenderlo mejor, si una persona sana únicamente ingiere antioxidantes solubles en agua provenientes de la vitamina C, vitamina A, de frutas como la cereza, uva, kiwi o fibra, las membranas de estas células seguirán siendo indefensas a los radicales libres, protegiendo solo el interior de esta, pero dejándola indefensa en el exterior.

Los antioxidantes los podemos clasificar en dos grandes grupos, en los solubles en agua (hidrofilicos) y los solubles en grasa (hidrofobicos), pero también incluiremos aquellos antioxidantes que de por si, puede producir nuestro cuerpo sin necesidad de tener que ingerir de forma suplementaria o a través de cualquier alimento, así como los suplementos nutricionales con propiedades antioxidantes.

2.4.2. Antioxidantes primarios:

Los llamados antioxidantes primarios previenen la formación de nuevas ERO. Esto se consigue convirtiendo las ERO en moléculas menos perjudiciales, antes de que puedan reaccionar, o evitando su producción a partir de otras moléculas. En este grupo se destacan las siguientes enzimas. ⁽³⁸⁾ Enzimas, son proteínas encargadas de mantener los niveles de radicales libres aceptables en nuestras células:

El glutatión peroxidasa (GPx), Es el nombre general de una familia de enzimas con actividad peroxidasa. La GPx se define como una glicoproteína tetramérica que tiene como cofactor al selenio. En las células animales se encuentra en la matriz mitocondrial y en el citosol. Se han descrito isoformas de GPx, que difieren tanto en su ubicación como en su especificidad hacia el sustrato. La GPx fosfolípido hidroperóxido, tiene como función principal proteger al organismo contra la peroxidación lipídica a nivel de membranas y de las lipoproteínas de baja densidad. ⁽³⁸⁾

Coenzimas superóxido, regulan la llegada de oxígeno a las células y así evitan una oxidación elevada de las células

La catalasa, tiene la función de poder captar los radicales libres y convertirlos en agua y oxígeno, beneficiando así a las células, ácido úrico, tiene acción neuroprotectora ayudando a los daños inflamatorios del sistema nervioso, funcionando dentro de la célula como antioxidante no enzimático capaz de aceptar los electrones perdidos por las moléculas

2.4.3. Antioxidantes secundarios

Los antioxidantes secundarios capturan los radicales y evitan las reacciones en cadena. Ejemplos de ellos son la vitamina E y C, β -caroteno y sustancias endógenas con capacidad antioxidante, entre las cuales se encuentran glutatión urato, bilirrubina y ubiquinona. ⁽³⁹⁾

2.5. Vitamina C

La Vitamina C es un antioxidante bloqueador de los radicales libres aportando los nutrientes para reparar los daños causados por los mismos, ellos según se ha demostrado hasta ahora se activan cuando a nivel celular el organismo descompone el alimento, o cuando se absorbe el humo del tabaco o se está expuesto a diferentes tipos de radiación. “Al acumularse en el organismo y no poder eliminarlos son los elementos fundamentales que permiten el desarrollo de la gran mayoría de las diferentes variantes del cáncer y otras enfermedades del ser humano”.⁽⁴⁰⁾

La vitamina C, es una de las vitaminas hidrosolubles más importante con actividad antioxidante, se degrada fácilmente por cambios de temperatura, radiación y alta concentración de oxígeno. Esta vitamina se encuentra biodisponible en frutas, hortalizas, zumos y alimentos fortificados. La mayor actividad biológica se debe a su estructura en forma de ácido ascórbico, no obstante, también puede estar presente el ácido dehidroascórbico, el cual se produce por el estrés oxidativo que se presenta en la fruta. El poder antioxidante se debe principalmente a la alta capacidad de donar un electrón y poder regresar a su forma reducida, la cual es su forma más activa. La importancia de esta vitamina radica en su capacidad de fortalecer el sistema inmune y en requerirse para la síntesis de colágeno, porque se considera un nutriente esencial para los humanos. Además, tiene un efecto protector en la oxidación celular y es capaz de reducir el número de radicales libres producidos durante procesos metabólicos.⁽⁴¹⁾

La vitamina C es un importante antioxidante hidrosoluble intracelular por su gran capacidad para donar electrones. Su deficiencia se conoce como escorbuto y se asocia a una mayor susceptibilidad a infecciones, debilidad muscular y fatiga. En niños puede causar anomalías y hemorragias óseas.⁽⁴²⁾

Acciones de la vitamina C:⁽⁴³⁾

➤ Antioxidante (anti-radicales libres)

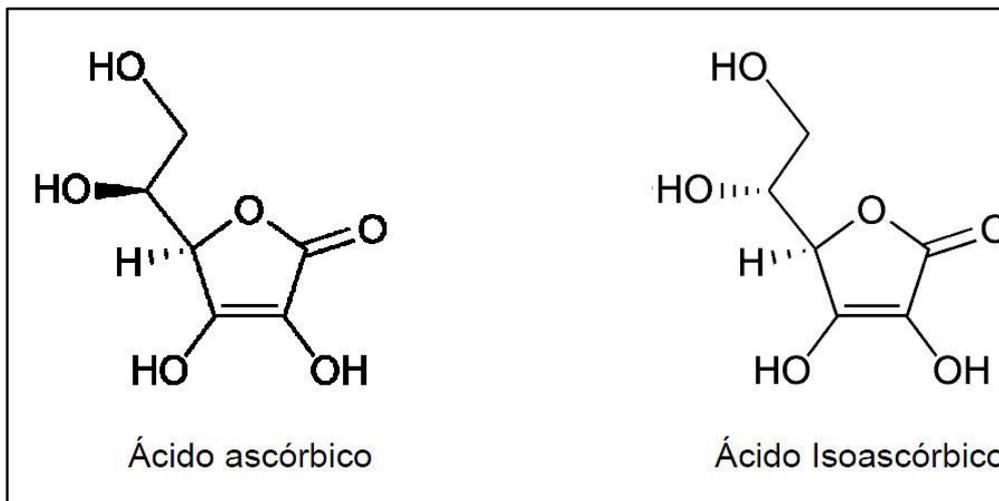
Primaria (inactivación directa de especies reactivas y metales oxidados)

- Secundaria (restablecimiento sistemas redox)
- Sobre el tejido conjuntivo (fibras de colágena)

- Síntesis de carnitina
- Incremento absorción y depósitos de hierro corporal
- Síntesis de hormonas esteroideas y prostaglandinas
- Síntesis y metabolismo de neurotransmisores
- Acción inmunoestimulante
- Curación, cicatrización y consolidación de lesiones óseas

Casi el 90% de la vitamina C ingerida en la dieta procede de vegetales frescos, verduras y frutas, de carácter ácido, preferiblemente crudas o cocidas muy poco tiempo y servidas de inmediato. Las principales fuentes son los cítricos, fresas, pimientos, tomates, cucurbitáceas, coles y brócoli.

Figura 3. Estructura del ácido L-ascórbico y ácido isoascórbico



Fuente: Barbany J, Javierre C. Archivos de Medicina del deporte. (2006).⁽⁴³⁾

2.6. Radicales libres

Los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo que les da una configuración espacial generadora de gran inestabilidad; son muy reactivos, tienen una vida media corta, por lo que actúan cerca del sitio en que se forman y son difíciles de dosificar. Desde el punto bioquímico, son pequeñas moléculas ubicuarias y difusibles que se producen por diferentes mecanismos. Dentro de las fuentes de sustancias oxidantes, tenemos dos grupos endógenas y exógenas.⁽⁴⁴⁾

Los daños que los radicales libres pueden ocasionar en las células son: destrucción de las proteínas de la membrana ocasionando la pérdida de la identidad de la célula, fusión de los lípidos (grasas) y las proteínas de la membrana, endureciéndola, haciéndola más frágil y quebradiza, punción de la membrana celular permitiendo que las bacterias y virus puedan penetrar fácilmente, ruptura de la membrana nuclear abriendo el núcleo y dejándolo expuesto al material genético, mutación y destrucción del material genético, reimprimiendo y destruyendo la anterior información genética, y amenaza al sistema inmunológico mediante la debilitación de las células inmunes debido a tales daños. Como resultado, el daño de los radicales libres se ha relacionado con diferentes procesos patológicos, como la aterosclerosis, cáncer, catarata senil, insuficiencia renal aguda y crónica, diabetes mellitus, hipertensión arterial, cirrosis, insuficiencia hepática y hepatopatía alcohólica distrofia muscular, artritis e inflamación, enfisema pulmonar e incluso el mismo proceso de envejecimiento. ⁽⁴⁵⁾

Los radicales libres pueden formarse a partir de reacciones metabólicas dentro de la célula, así como también de manera espontánea si las condiciones del medio son propicias para ello, como por ejemplo por exposición a ciertos compuestos químicos, por el estrés oxidativo producido durante el ejercicio físico muy intenso, por contaminantes del aire, por radiaciones ionizantes, por drogas, bacterias o virus. ⁽⁴⁶⁾

Los radicales libres no son completamente dañinos, ya que nuestro propio organismo los fabrica en cantidades moderadas para luchar contra bacterias y virus. Los radicales libres producidos por el cuerpo para llevar a cabo determinadas funciones son neutralizados fácilmente por nuestro propio sistema antioxidante. El problema para nuestras células se produce cuando se da un exceso sostenido de radicales libres en nuestro sistema, a través de los años, situación en la cual nuestro sistema antioxidante requiere de los antioxidantes de la dieta. El incremento de los radicales libres por encima de la cantidad de sustancias antioxidantes, conduce al estrés oxidativo, lo que produce daño celular. ⁽⁴⁷⁾

La evaluación de actividad la antioxidante a través de fuentes generadoras de radicales libres en el sistema de pruebas, asume que la oxidación es inhibida en un alto porcentaje por captura de estos, por tanto, se enfoca en monitorear la

capacidad de aditivo y extractos para la captura de radicales o la inhibición de su formación. ⁽⁴⁸⁾

Los antioxidantes podrían proteger las células frente efectos perjudiciales de las especies reactivas del oxígeno, tales como superóxido, peróxil radical, radical hidroxilo y peroxinitrito. El estrés oxidativo es un desequilibrio entre los antioxidantes y los oxígenos, conduciendo al daño celular es decir aumento de las especies reactivas de oxígeno (ROS), por lo que se ha relacionado con el asma, el cáncer, cataratas, diabetes, inflamación gastrointestinal enfermedad hepática, envejecimiento, aterosclerosis, lesión isquémica y enfermedades neurodegenerativas (Parkinson y Alzheimer). ⁽⁴⁹⁾

Los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo que les da una configuración espacial generadora de gran inestabilidad; son muy reactivos, tienen una vida media corta, por lo que actúan cerca del sitio en que se forman y son difíciles de dosificar. Desde el punto bioquímico, son pequeñas moléculas ubicuarias y difusibles que se producen por diferentes mecanismos. Dentro de las fuentes de sustancias oxidantes, tenemos dos grupos:

Endógenas: cadena de transporte electrónico mitocondrial, peroxisomal y microsomal (citocromo p450 y citocromo b5), enzimas citoplasmáticas (como las catecolaminas y riboflavina) y enzimas fagocíticas (como la mieloperoxidasa y la NADPH-oxidasa).

Exógenas: xenobioticos, (benzopirenos, quinonas, bupirilidos), el humo del cigarro, ciertos componentes de la dieta (sales de hierro y cobre), las radiaciones y la hiperoxia. ⁽³⁷⁾

Otra fuente endógena de generación de radicales libres es la defensa antimicrobiana, los macrófagos y leucocitos polimorfo nucleares, los que actúan sobre los microorganismos liberando radicales libres, ayudando de esta manera a su eliminación. Esto ha demostrado que los radicales libres no son completamente dañinos, sino que además tienen funciones fisiológicas importantes para los organismos vivos. ⁽⁵⁰⁾

2.7. Estrés oxidativo

Generalmente, el oxígeno se encuentra en su forma más estable (O_2); sin embargo, por reacciones puramente químicas, acciones enzimáticas o por efectos de las radiaciones ionizantes, se pueden producir una serie de especies químicas o sustancias prooxidantes (moléculas o radicales libres altamente reactivos) que son capaces de dar lugar a múltiples reacciones con otros compuestos presentes en el organismo y producir daño celular; pueden dañar a las macromoléculas (lípidos, proteínas, hidratos de carbono y ácidos nucleicos) y alterar los procesos celulares (funcionalidad de las membranas, producción de enzimas, respiración celular, inducción genética). El daño o estrés oxidativo se ha definido como la exposición de la materia viva a diversas fuentes que producen una ruptura del equilibrio de las sustancias o factores prooxidantes y los mecanismos antioxidantes encargados de eliminar dichas especies químicas, ya sea por un déficit de estas defensas o por un incremento exagerado de la producción de especies reactivas del oxígeno. Todo esto trae como consecuencia alteraciones de la relación estructura - función en cualquier órgano, sistema o grupo celular especializado; siendo este el mecanismo general de daño celular, asociado con la fisiopatología primaria o la evolución de un número creciente de entidades y síndromes de interés médico-social. ⁽¹⁰⁾

El estrés oxidativo ocurre cuando hay un desequilibrio en nuestras células debido a un aumento en los radicales libres y/o una disminución en los antioxidantes. Con el tiempo, este desajuste en el equilibrio entre los radicales libres y los antioxidantes puede dañar nuestros tejidos. ⁽⁵¹⁾

Tabla 2. Fuentes comunes de radicales libres y fuentes comunes de antioxidantes.

Fuentes comunes de radicales libres	Fuentes comunes de antioxidantes
Humo del cigarrillo	Chocolate oscuro
Contaminación del aire	Té y café
Radiación	Frutas y verduras
Luz UV (como la luz solar)	Nueces (tales como nueces pecan o nueces de castilla)
Consumo excesivo de alcohol/drogas	Condimentos (canela, orégano)
	Frijoles (tales como frijoles pintos, frijoles rojos, alubias)

Fuente: Montero Revisión. Anual de la Facultad de medicina. (1996). ⁽⁴⁴⁾

2.7.1. Envejecimiento y patologías

En la vida de los organismos aerobios, es decir, aquellos que usan el oxígeno como medio para conseguir energía, existe el peligro de que la presencia de radicales libres supere las defensas antioxidantes. Esta situación se denomina estrés oxidativo y se relaciona con diferentes enfermedades, así como con el envejecimiento. Esta situación puede deberse a un aporte insuficiente en la dieta de antioxidantes, a una producción excesiva de radicales libres durante el metabolismo de fármacos, o por una activación excesiva del sistema celular. ⁽³⁾

Los radicales libres pueden encontrarse en el interior o en el exterior de las células o incluso diseminados por todo el organismo, manteniendo actividad biológica al oxidarse, dañando principalmente el tejido conjuntivo, proteínas, enzimas, lípidos, membranas celulares, fibras de colágeno, ADN y ARN, entre otros; y su acción también la pueden ejercer sobre los leucocitos favoreciendo su activación anómala, por lo cual están implicados en la producción de enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. ⁽⁴⁶⁾

2.8. Métodos de evaluación de la actividad antioxidante

En la actualidad existen diversos métodos para determinar la actividad antioxidante, los cuales se basan en su capacidad para captar radicales libres. Entre ellos se pueden mencionar el uso del 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH), ácido 2,2', azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6- sulfónico (ABTS), la reacción con el óxido nitroso, dicloridrato de N, N-Dimetilp- fenilendiamina (DMPD), generación de radicales peróxilo, superóxido e hidroxilo, y otros. ⁽³⁰⁾

El poder antioxidante de un extracto del fruto se puede expresar en función del porcentaje de 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH), la reducción del reactivo es seguida midiendo la disminución de la absorbancia, para evitar esta situación se considera la capacidad antioxidante de una muestra expresada en CI_{50} (concentración mínima necesaria para inhibir al 50% el DPPH). Mientras menor sea el valor de IC_{50} mayor será la capacidad antioxidante. ⁽⁵²⁾

2.8.1. Método del ABTS (ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6-sulfónico)

El radical $ABTS^{\bullet}$ se produce por la oxidación del ABTS. Esta oxidación puede generarse de forma enzimática, química (dióxido de manganeso, persulfato potásico, radicales peroxilo) o electroquímica. ⁽⁵³⁾ El radical catiónico obtenido es un compuesto de color verde-azulado estable con una absorción máxima a 734 nm.

El método consiste en monitorizar la reducción del radical $ABTS^{\bullet}$ causada por la adición de una muestra que contiene antioxidantes. Esto se realiza determinando la decoloración del ABTS a 734 nm. La absorbancia se compara con la del Trolox (análogo sintético y soluble de la vitamian E) y se expresa como TEAC (capacidad antioxidante equivalente de Trolox). ⁽⁵³⁾ La ventaja de este ensayo es que puede realizarse tanto en muestras hidrosolubles como liposolubles, eligiendo el disolvente apropiado en cada caso y que proporciona rápidamente los resultados más reproducibles empleando un equipo de laboratorio relativamente común como es el espectrofotómetro, ampliamente utilizado. Además, como la longitud de onda a la que se realizan las medidas de absorbancia no es común en los alimentos, hace que este método sea particularmente interesante para el estudio de extractos vegetales ya que elimina la posibilidad de interferencias de color.

2.8.2. Método FRAP (Reducción del hierro férrico a ferroso).

Este método se basa en la reducción, por un antioxidante y en condiciones ácidas, del hierro férrico (Fe^{3+} , prooxidante) a hierro ferroso (Fe^{2+}). Esta reducción se puede cuantificar gracias a la acción del TPTZ (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio), compuesto químico capaz de quelar al hierro, de forma que el complejo Fe^{3+} -TPTZ tiene una intensa coloración azul con un máximo de absorción a 595 nm y el complejo Fe^{2+} -TPTZ tiene coloración amarilla. ⁽⁵⁵⁾ Por tanto, el efecto antioxidante (capacidad de reducción) se evaluará monitorizando la formación de este complejo con un espectrofotómetro.

Este ensayo proporciona resultados reproducibles de forma rápida y su única desventaja es que debe realizarse en una matriz acuosa, debiendo por tanto usar como antioxidante de referencia, uno que sea hidrosoluble, como el ácido ascórbico o el Trolox. Debido a la complejidad de los procesos de oxidación, como vemos, no existe un único método que refleje de forma completa el perfil antioxidante de una muestra y, por tanto, es bueno trabajar con varios métodos para facilitar la comparación y la interpretación de los resultados. Un buen método de determinación de la capacidad antioxidante debe ser sencillo, con un mecanismo químico y un punto final fijo, con un elevado rendimiento de análisis, con buena reproducibilidad intra e interlaboratorio, adaptable a ensayos con antioxidantes tanto hidrofílicos como lipofílicos y con diferentes fuentes generadoras de radicales libres. ⁽⁵⁵⁾

2.8.3. Método de Folin-Ciocalteu

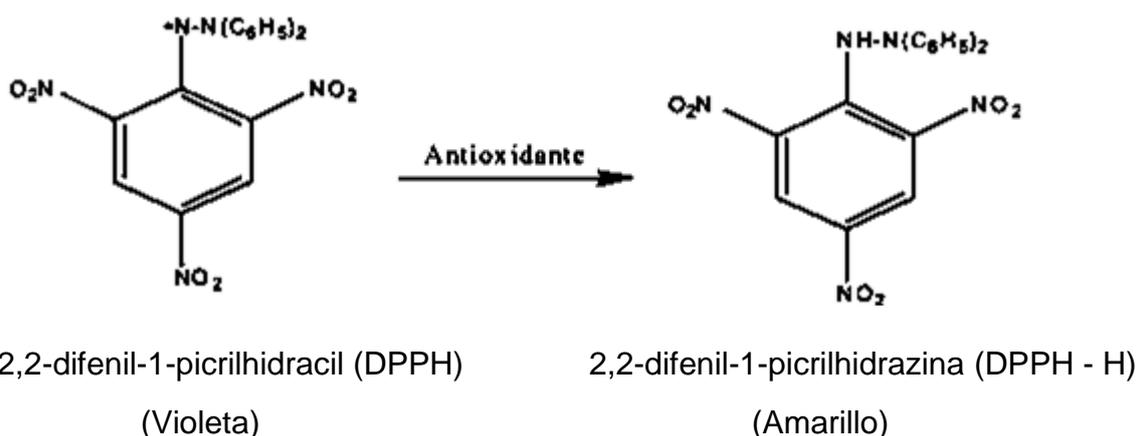
Sirve para determinar el contenido de polifenoles y fenoles totales presentes en un alimento, empleando como estándar el ácido gálico. Su determinación se basa en la reducción de los fenoles totales por una mezcla de ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico, lo que genera una mezcla de óxidos de tungsteno y molibdeno de coloración azul con un máximo de absorción a 765 nm, que es proporcional al contenido de compuestos fenólicos. Los resultados se expresan en mg/L de ácido gálico.

2.8.4. Método del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil):

Este ensayo es muy popular para el estudio de antioxidantes naturales debido a su simplicidad y alta sensibilidad (Brand-Williams et al., 1995). Se basa en la teoría de que todo donador de hidrógeno es un antioxidante. El DPPH· (uno de los pocos radicales de nitrógeno estables que son comerciales) acepta un hidrógeno del antioxidante para formar DPPH, de forma que el efecto antioxidante es proporcional a la desaparición de DPPH. Existen varios métodos para su monitorización, pero el más común es mediante espectrofotometría UV, por su facilidad y precisión. Este radical presenta un máximo de absorción a 517 nm, volviéndose amarillo cuando se forma DPPH, de forma que el efecto antioxidante puede ser fácilmente evaluado siguiendo la pérdida de absorción UV a 517 nm. Los resultados se expresan como TEAC.

Se realizó el método descrito por: Brand-Williams W. ⁽⁵⁵⁾ Ensayo de decoloración del catión radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH·): para cuantificar la capacidad captadora de radicales libres de los extractos se determina el grado de decoloración que provocan sus componentes a una solución metanólica de DPPH mediante el método de Brand-Williams, con algunas modificaciones.

Figura 4. Método de captación del radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH).



Fuente: Brand-Williams W, M Cuvelier, Berset C. Uso de un método de radicales libres para evaluar la actividad antioxidante. (1995). ⁽⁵⁶⁾

La actividad antioxidante de una muestra se expresa en IC₅₀ (concentración mínima necesaria para inhibir al 50%el (DPPH)).

Fundamento: La molécula 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH) es conocida como un radical libre estable debido a la deslocalización de un electrón desapareado sobre la molécula completa. La deslocalización del electrón también intensifica el color violeta intenso típico del radical, el cual absorbe en metanol a 517 nm. Cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno, el color violeta cambia al color amarillo o transparente. El cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente y es utilizado para cuantificar la actividad antioxidante que poseen distintas sustancias. Los resultados se pueden expresar como coeficiente de inhibición (IC_{50}), % de captación y mg /Equivalentes de Trolox o vitamina C (cuando es comparado con estándares).

Este trabajo fue desarrollado en el laboratorio de investigación de la Facultad de Farmacia Y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener y Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- a) Colección y clasificación botánica de la especie que se va estudiar y preparación de la muestra.
- b) Tratamiento del material vegetal: secado y molienda
- c) Extracción, separación y purificación de fitoconstituyentes químicos

las que fueron analizadas para la investigación, de acuerdo al método empleado por: Lock De Ugaz Olga. ⁽⁵⁷⁾

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

Según el nivel de alcance se trata de una investigación cuasi experimental, descriptivo y prospectivo utilizando métodos de análisis aceptados por la comunidad científica, según la estrategia utilizada es de campo. Según la tolerancia o enfoque es cualitativa, según el propósito es básica.

Cuasi Experimental: La investigación cuasi-experimental se asemeja a la experimental en el hecho de que se pretende manipular una o varias variables concretas, con la diferencia de que no se posee un control total sobre todas las variables, como por ejemplo aspectos vinculados al tipo de muestra que se presenta al experimento.

Descriptivo: El objetivo de este tipo de investigación es únicamente establecer una descripción lo más completa posible de un fenómeno, situación o elemento concreto, sin buscar ni causas ni consecuencias de éste. Mide las características y observa la configuración y los procesos que componen los fenómenos, sin pararse a valorarlos.

Prospectivo: En el diseño prospectivo el objetivo es determinar relaciones entre variables de hechos que posiblemente ocurrirán en un futuro, sin explicar las relaciones causales de sus variables. En este tipo de estudio se plantea las posibles causas y se intenta definir los posibles efectos.

Analítico: Consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y de control sin aplicar o manipular las variables, estudiando éstas según se dan naturalmente en los grupos. ⁽⁵⁸⁾

3.2. Materiales, reactivos y equipos

3.2.1. Materiales

- Cubas de revelado
- Cromatofolios con Silicagel GF 254
- Capilares para cromatografía
- Frascos ámbar, capacidad 1 L
- Mortero de porcelana
- Baguetas

- Embudos de vidrio (PIREX)
- Pipetas de 1, 2, 5, 10, 20 mL (FORTUNA WGC)
- Beakers de 25, 50, 100, 500 mL (KIMAX)
- Papel filtro
- Tubos de prueba
- Tubos de ensayo
- Papel kraff
- Goteros
- Mechero
- Pinza
- Espátula

3.2.2. Reactivos

- Rvo. Molish
- Rvo. Fehling
- Rvo. Mayer
- Rvo. Dragendorff
- Rvo. Liebermann Burchard
- Rvo. Shinoda
- Rvo. Borntranger
- Rvo. Tricloruro de fierro 5 %

3.2.3. Equipos

- Estufa (Memmert)
- Balanza analítica
- Espectrofotómetro UV-visible -genesis 5
- Filtración al vacío

3.2.4. Solventes

- Acetona
- Cloroformo
- Acetato de etilo
- N-hexano
- Cloroformo
- Benceno
- Metanol
- Agua desionizada

3.2.5. Material biológico

Fruta de *Hylocereus undatus* “pitahaya”.

3.2.6. Recolección y transporte de la materia prima

Se recolectó 6 kilos de la fruta de *Hylocereus undatus* “pitahaya” del sector de la Virgen Esperanza Alta - Huaral Provincia de Lima, ubicado a una altitud de 188 msnm. En el mes de diciembre del 2016.

3.2.7. Selección y acondicionado de la muestra

Se realizó la selección de la muestra, para lo cual se consideró madurez firme, frutos sanos libres de daños y abolladuras, en seguida se lavó con agua destilada y se secó. Luego se separó la cáscara de la pulpa, realizándose en forma manual utilizando cuchillos de acero inoxidable de buen filo. Para la separación de la cáscara se efectuaron tres cortes, dos de ellos para la separación y eliminación de los extremos, cuidando no incluir pulpa, y un tercero en forma longitudinal de extremo a extremo, por el contorno externo e introduciendo solamente la punta del cuchillo retirando así la pulpa completamente. Se tuvo cuidado de no dejar la pulpa pegada a la cáscara.

3.3. Parte experimental

3.3.1. Evaluación organoléptica

Los atributos analizados fueron: color, olor, sabor y aspecto. Parámetros de evaluación organoléptica de la materia prima.

3.3.2. Obtención del extracto

Se preparó el extracto etanólico a partir de 6 kilos del fruto de acuerdo al método descrito por: Lock De Ugaz Olga.

Los 3 kilos de pulpa obtenidos fueron triturados y se dejaron en maceración con alcohol de 70 °C aproximadamente 7 días utilizando 2 litros de dicho solvente.

3.3.3. Análisis fitoquímico del extracto etanólico de *Hylocereus undatus* “pitahaya roja”.

Se realizó el extracto y el análisis fitoquímico de acuerdo al método descrito por: Lock De Ugaz Olga ⁽⁵⁸⁾

Reacción de Molisch: 0,5 mL de muestra problema + 0,5 mL de Molisch “A” (alfa naftol en alcohol), la reacción será positiva cuando se forme en la interface un anillo de color violeta.

Reacción de Fehling: 0,5 mL del reactivo Fehling A + 0,5 mL del reactivo Fehling B + 0,5 mL de muestra problema y se lleva a baño maría hasta la formación de un precipitado rojo ladrillo indica la presencia de azúcares reductores.

Reacción de Shinoda: 0,5 mL de muestra problema + reactivo de Shinoda (Magnesio + 0,5 mL de HCl concentrado). La formación de una solución coloreada nos indicará positivo (ver bibliografía O. Lock).

Reacción de FeCl₃: 0,5 mL de muestra problema + reactivo de Fe Cl₃. Si la solución se torna verde-azulada será positivo para compuesto fenólicos.

Reacción de Lieberman - Burchard: 0,5 mL de muestra problema disolver en 0,5 mL de cloroformo +1 mL de anhídrido acético + 1 mL de H₂SO₄ concentrado). La aparición de los colores verde, azul o rojo nos indicará presencia de esteroides o triterpenoides.

Reacción de Mayer: 0,5 mL de muestra problema + 0,5 mL de reactivo Mayer (tetrayodomercuriato potásico). La presencia de turbidez o precipitado blanco nos indica positivo para alcaloides.

Reacción de Dragendorff: 0,5 mL de muestra problema +0,5 mL de reactivo Dragendorff (tetrayodobismutatopotásico). La formación de precipitado naranja o rojo nos indica la presencia de alcaloides.

Reacción de Wagner: 0,5 mL de muestra problema +0,5 mL de reactivo Wagner. La formación de manchas marrones indica la presencia de alcaloides.

Reacción de Borntrager: 0,5 mL de muestra problema + 0,5 mL reactivo de Borntrager (0,5 mL de hidróxido de sodio 5%). La aparición de color rojo nos indicará presencia de naftoquinonas, antronas y antranonas.

3.3.4. Ensayo de actividad antioxidante por método DPPH.

Preparación de la solución de (DPPH).

Pesar 20 mg de (DPPH) y disolver con cuidado en 50 mL de metanol usar una fiola. Se obtiene una solución stock de 40 mg/100 mL. Guardar la solución en un frasco color ámbar y en refrigeración.

procedimiento

- a) Diluir la solución stock de DPPH en metanol hasta obtener una absorbancia entre 0,600 – 0,700 a 517 nm. Se obtiene la solución de trabajo de DPPH.
- b) Se calibra el espectrofotómetro con un blanco que contiene 400 µL del solvente de la muestra problema y 800 µL de metanol.
- c) Colocar en un tubo de ensayo 400 µL de la muestra problema y 800 µL de la solución de trabajo de DPPH. Agitar.
- d) Dejar en reposo durante 30 minutos alejados de la luz
- e) Leer la absorbancia a 517 nm
- f) Realizar el mismo procedimiento para el control de DPPH en donde se reemplaza la muestra problema por su solvente.
- g) Realizar el mismo procedimiento para la sustancia patrón como Trolox o ácido ascórbico (vitamina C).
- h) Calcular el porcentaje de inhibición de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\%Inhibicion = \frac{(Abs. DPPH - Abs. Muestra)}{Abs. DPPH} \times 100$$

Tabla N°3. Determinación de las absorbancias

	Tubo blanco	Tubo control DPPH	Tubo muestra problema
Metanol	800 µL		
Solvente M. P	400 µL	400 µL	
Muestra problema			400 µL
DPPH		800 µL	800 µL
reposar por 30 minutos alejado de la luz. Leer a 517nm			

Tabla N°4. Determinación de la absorbancia del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya".

TUBO CONTROL (X3)	TUBO DE MUESTRA PROBLEMA (X3)				TUBO MUESTRA PROBLEMA	
	Conc1	Conc 2	...	Conc "n"		
C1	Conc 1 ^a	Conc 2 ^a	...	Conc "n" ^a	Muestra problema	400 µL
C2	Conc 1b	Conc 2b	...	Conc "n" ^b	—	800 µL
C3	Conc 1c	Conc 2c	...	Conc "n" ^c	Metanol	
*El blanco de la muestra se realiza para las concentraciones que solamente están coloreadas. El intervalo de aceptación de absorbancias es de +/-0.02						

Tabla N°5. Determinación de las absorbancias para el cálculo del IC₅₀.

Conc*	Abs promedio	Abs (blanco de muestra)	Abs final*	%Inhibición*
0	Abs del control	0	Abs del control	
1	Abs 1	a	Abs 1 -a	
...	
(*): Realizar gráfica y/o curva				

IV. RESULTADOS

Tabla N°6.Características organolépticas del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya"

Características Organolépticas	Resultados
Color	Rojo
Olor	Característico
Sabor	Dulce

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°7.Solubilidad del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya".

Solventes	Resultado
Agua destilada	+
Metanol	-
Etanol	-
Acetona	-
Cloroformo	-
Acetato de etilo	-
N- hexano	-
Benceno	-
Leyenda: Soluble: (+) Insoluble: (-)	

Fuente: Elaboración propia

Análisis cualitativo del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”.

Se presentan los resultados del análisis cualitativo de los fitoconstituyentes del extracto etanólico del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”.

Tabla N°8. Análisis cualitativo del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”.

Reactivo	Metabolitos primarios y secundarios	Resultados
Molisch	Carbohidratos	+
Fehling	Azúcares reductores	+
Shinoda	Flavonoides	+
Cloruro de hierro 1%	Compuestos fenólicos	+
Liebermann – Burchard	Esteroides	+
Mayer	Alcaloides	+
Draguendorff	Alcaloides	+
Wagner	Alcaloides	+
Borntrager	Antraquinonas	-
Leyenda:		
Positivo: (+)		
Negativo: (-)		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°9. Resultados del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”.

Concentración (µg/mL)	Absorbancia (promedio)	% inhibición	IC ₅₀ (µg/mL)
0	0,42785	—	1.331 µg/mL
0,2475	0,38485	10.0502513	
0,495	0,3415	20.1823069	
0,7425	0,31835	25.5930817	
0,1287	0,2178	49.0943088	

Fuente: Laboratorio de análisis bioquímico (UNMSM)

Gráfica 1. Absorbancia vs concentración del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya".

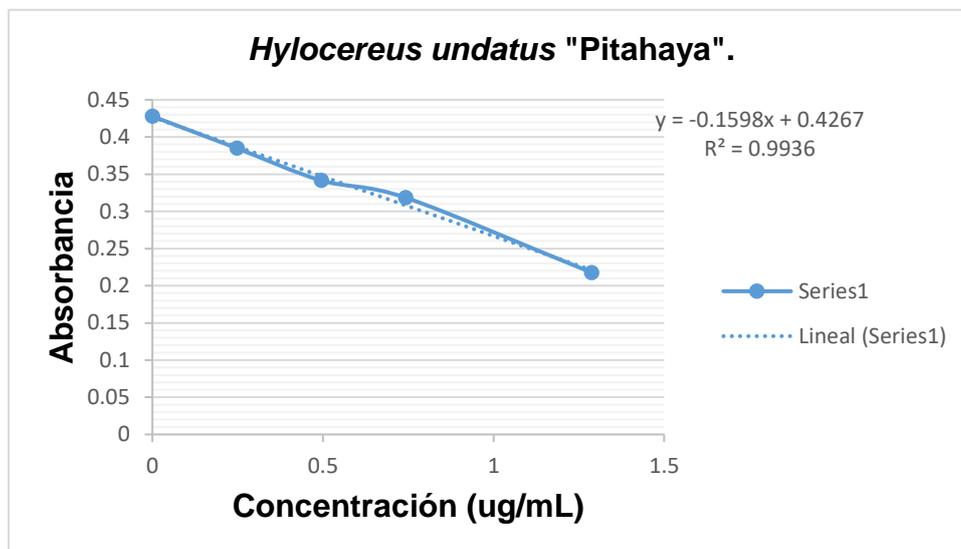
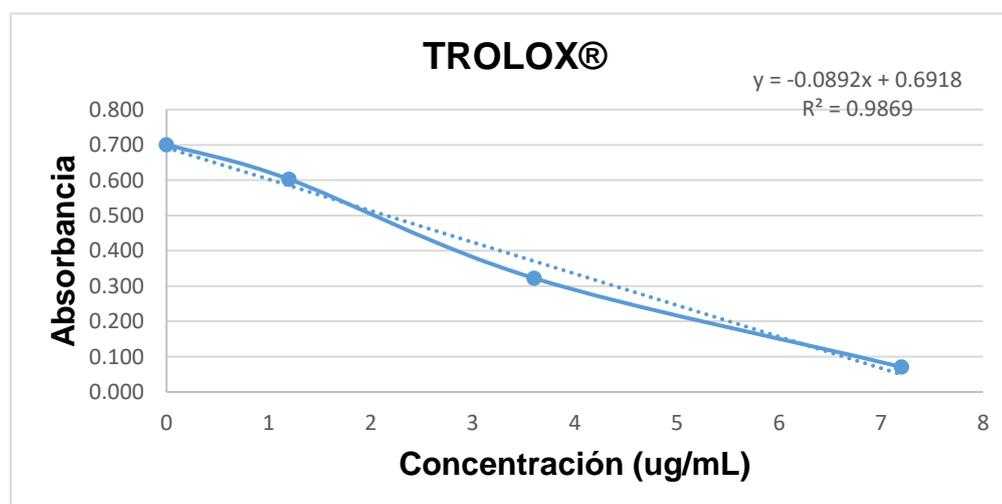


Tabla N°10. Resultados del Trolox (patrón)

Concentración (ug/ml)	Absorbancia (promedio)	%Inhibición	IC ₅₀ (ug/mL)
0	0.701	-	3.8
1.2	0.603	14.03	
3.6	0.322	54.00	
7.2	0.071	89.90	
10	0.059	91.55	

Gráfica 2. Absorbancia vs concentración del Trolox (patrón)



V. DISCUSION

En el análisis de las características organolépticas en la tabla N°6 se observa que el fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” presenta una coloración roja muy similar a los frutos que crecen en México, Ecuador y Colombia. Los investigadores Gunasena y colaboradores, manifiestan que la clasificación y caracterización de las especies de cactus comestibles se basa en la naturaleza del hábito de crecimiento, el color de la cáscara del fruto y el color de la pulpa, la pigmentación interna y externa de las frutas puede presentar distintas tonalidades de blancas a rojas en la pulpa y de tonalidades amarillas a rojas en la cáscara, con una considerable variación de la morfología y pigmentación de las espinas. Ambos estudios fueron estudiados desde una perspectiva etnobotánica y taxonómica. ⁽²⁷⁾

Según lo que refiere Lock De Ugaz Olga, las características generales de los flavonoides son solubilidad en agua y en etanol, su carácter fenólico y su absorción en la región ultravioleta y visible del espectro debido a la presencia de sistemas aromáticos y conjugados. ⁽⁵⁷⁾

En la tabla N°7: La prueba de solubilidad en nuestro estudio muestra que el extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” es soluble en un solvente polar como el agua.

En la tabla N°8: El análisis cualitativo del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” se confirma la presencia de fitoconstituyentes como carbohidratos, azúcares reductores, flavonoides, compuestos fenólicos, esteroides, alcaloides. Una clasificación preliminar según Lock De Ugaz Olga describe que el tipo de flavonoide en un extracto de planta puede hacerse basándose inicialmente en un estudio de sus propiedades de solubilidad y comportamiento ante reacciones de color y precipitación. ⁽⁵⁷⁾

Por otro lado, Carocho, M. & Ferreira, I, manifiestan que los antioxidantes derivados de las plantas desde el punto de vista fitoquímico pueden ser taninos, ácidos fenólicos, flavonoides, alcaloides, esteroides, catequinas, antocianinas y proantocianinas los cuales debido a sus propiedades pueden actuar como antioxidantes y de esta manera prevenir o retrasar el desarrollo de enfermedades degenerativas. ⁽²⁾

La actividad antioxidante, en la tabla N°9, se realizó siguiendo el método descrito por Brand-Williams W, (1995) ⁽⁵⁶⁾ el resultado obtenido fue expresado como IC₅₀ con un valor de 1,331 µg/mL, lo cual no concuerda con los datos obtenidos por Aparcana M, Y Villarreal L. ⁽²⁰⁾, donde obtuvieron un IC₅₀ de 1,86 µg/mL, de la especie *Physalis peruviana* “aguaimanto”, donde se observa una mínima variación en los resultados esto podría deberse a que las especies pertenecen a distintas familias solanáceas y cactáceas, la mayoría de estudios expresan los resultados como el valor de la concentración máxima de la media inhibitoria (IC₅₀) definido como la cantidad antioxidante necesaria para disminuir la concentración inicial de DPPH al 50 %.

Por otro lado, García L y colaboradores. ⁽¹⁶⁾ manifestaron que la Pitahaya naranja mostró un valor de IC₅₀ que fue de 59.8 ± 0.32 µM, en tanto que en la Pitahaya roja fue de 161.7 ± 4.8 µM, lo que mostro una mayor capacidad antioxidante en la Pitahaya roja. Además, afirmaron que la actividad antioxidante de los frutos de pitahaya se atribuye principalmente a la presencia de betalaínas puesto que los fenoles se encuentran en menor proporción, lo que significa que el poder antioxidante de la pitahaya roja es mayor que el de la naranja. Sin embargo, no concuerda con nuestros resultados del estudio de *Hylocereus undatus* “pitahaya”, ya que el poder antioxidante también puede atribuirse a los compuestos fenólicos presentes en los frutos, y aunque están en menor proporción que las betalaínas se consideran potentes antioxidantes naturales.

VI. CONCLUSIONES

- La actividad antioxidante del extracto etanólico de mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" fue expresada como IC₅₀ por el método DPPH obteniendo el resultado de 1,331 µg/mL.
- Los fitoconstituyentes identificados en el extracto etanólico de mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" fueron carbohidratos, azúcares reductores, flavonoides, compuestos fenólicos, esteroides y alcaloides.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Difundir las propiedades nutricionales y alimenticias del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” para que los consumidores en general se beneficien de dichas propiedades.

- ✓ Debido al resultado prometedor obtenido se sugiere continuar los estudios de investigación para el aislamiento y purificación de los fitoconstituyentes que permitan la posterior formulación de fitofármacos con actividad antioxidante.

- ✓ Seguir realizando estudios sobre la actividad antioxidante de *Hylocereus undatus* “pitahaya” utilizando otros métodos para la evaluación de la misma.

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Cardoso C.L., Silva H.S, Castro-Gamboa Ian., Bolzani V.S. New Biflavonoid and Other Flavonoids from the Leaves of *Chimarrhis turbinata* and their Antioxidant Activity. *Journal of Brazilian Chemical Society*; (2005) 16: 1353-1359.
2. Carocho, M. & Ferreira, I. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, (2013). 51, 15–25 pp.
3. Marwah R.G., Fatope M.O., Mahrooqi R.A., Varma G.B, Abadi H.A., Khamis S., Burtamani-Al. Antioxidant capacity of some edible and wound healing plants in Oman. *Food chemistry*. (2007); 101:465-470.
4. Kohen R, Nyska A. Oxidation of biological systems: Oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic Pathology*. (2002);30(6): 620-50.
5. Kohen R, Chevion S, Schartz R, Berry EM. Evaluation of the total low molecular weight antioxidant activity of plasma in health and diseases: a new approach. *Cell Pharmacol*. (1996); 3:335-59.
6. Halliwell B. Antioxidants in human health and disease. *Annual Review Nutrition*. (1996);16(1):33-50.
7. Suja K.P., Jayalekshmy A., Arumughan C. Free radical Scavenging behavior of Antioxidant Compounds of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in DPPH• System. *Journal of agricultural and food chemistry*; (2004).52: 912-915.

8. Tapia A., Rodriguez J., Theoduloz C., Lopez S., Feresin G.E., Schmeda-Hirschmann G. Free radical scavengers and antioxidants from *Baccharis grisebachii*. *Journal of Ethno-pharmacology*; (2004). 95: 155-161.
9. Ito N, Fukushima S, Hagiwara A, Shibata M, Ogiso T. Carcinogenicity of butylated hydroxyanisole in F344 rats. *J Natl Cancer Inst.* (1983);70(2):343-52.
10. Venereo, J. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, (2002). 31 (2), 126-133.
11. Zorrilla, A., Eirez, M., & Izquierdo, M. Papel de los radicales libres sobre el ADN: carcinogénesis y terapia antioxidante. *Revista Cubana de Investigación Biomédica*, (2004). 23 (1), 51-57.
12. Doroteo, V., Díaz C., Terry. C., & Rojas. R. Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de 6 plantas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, (2013). 79 (1), 13-20.
13. Molina, E. La exportación de la pitahaya roja es el negocio del futuro. Obtenido de REVISTA OKONOMIA. (2013): [acceso febrero 16,2017]. Disponible en. http://issuu.com/ahkecuador/docs/_konom_a_web2_2.
14. Charles, D. Sources of Natural Antioxidants and Their Activities. *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. Editorial SpringerVerlag New York. (2013). 65–138 pp. ISBN: 978-1-4614-4310-0.
15. Cayupán C Y S, M J Ochoa, M A Nazareno. Sustancias promotoras de la salud y propiedades antioxidantes de *Opuntia* sp. frutas Cambios en los contenidos del compuesto bioactivo durante el proceso de maduración. *Food Chem.* (2011) 126: 514-519.

16. Leticia García-Cruz, Y Salinas-Moreno, S Valle-Guadarrama, I Alia-Tejacal. “Betalinas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*stenocereus griseus h.*)”. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35 (2012).
17. Migliore L., Coppedè F. Environmental-induced oxidative stress in neurodegenerative disorders and aging. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. (2009); 674:73-84.
18. Lourith N, Kanlayavattanakul M, Chanpirom S. Free radical scavenging efficacy of Tamarind seed coat and its cosmetics application. J. Health Res. (2009); 23(4): 159-162.
19. Gutierrez A, Ledesma L, Garcia I, Grajales O. Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. Rev Cubana Salud Pública 2007; 33(1):1 – 7.
20. Aparcana M, Y Villarreal L, realizaron una tesis titulada “Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos del fruto de *Physalis Peruviana* “aguaymanto” de diferentes lugares geográficos del Perú”. Para optar el título de Químico Farmacéutico en Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2014)
21. Oliveira G. Capacidad antioxidante de *Averrhoa carambola* L.(carambola) frente a sistemas generadores de radicales libres [tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Humana; (2014)
22. Hernández-Varela, J., Moncayo, A., Fernández, V., & Sulbarán, B. Actividad antioxidante de lámina flexible de mango (*Mangifera indica*). Revista de la Sociedad Química del Perú, (2013). 79(2), 175-177.
23. Britton N, Rose J, The Cactáceas: Descriptions and Illustrations of Plants of the Cactus Family. Vol I, New York, Dover Publications. (1963).

24. Le Bellec, F. Vaillant, F. y Imbert, E. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*. (2006); 61: 237-250.
25. Rodríguez D, Patiño M, Miranda D, Fischer G, Galvis J, Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en Almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la Pitahaya Amarilla (*Selenicereus Megalanthus Haw*, Rev. Fac. Nal. Agr, Vol.58, No.2, (2005), pp.2837-2857, Medellín, Colombia.
26. Diario Extra. 9 de noviembre juntas del pacifico capital de la ciruela en el Ecuador. Extra. (2010); p.9.
27. Gunasena, H.P., Pushpakumara, D.K. y Kariyawasam, M. Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. In: Underutilized fruit trees in Sri Lanka. World Agroforestry Centre South Asia Office, New Delhi, India. (2007).
28. Kalpna, R., Mital, K., & Sumitra, Ch. Vegetable and fruit peels as a novel source of antioxidants. *Journal of Medicinal Plants Research*, (2011) 5(1), 61-71).
29. OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Nicaragua. (2001). [acceso febrero 16,2017]. Disponible en: <http://www.oirsa.org>.
30. Kuskoski E, et Al col. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, Campinas. (2005);25(4):7266732.
31. Charles, D. Sources of Natural Antioxidants and Their Activities. *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. Editorial SpringerVerlag New York. (2013). 65–138 pp. ISBN: 978-1-4614-4310-0.

32. Belsare, D.P., Pal, S.C., Kazi, A.A., Kankate, R.S., and Vanjari, S.S., Evaluation of Antioxidant Activity of Chalcones and Flavonoids. *Int. J. ChemTech. Res*; (2010); 2(2), 1080-1089.
33. Sánchez-Moreno, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci. Tech. Int*, (2002).8(3), 121-137.
34. Wang, H., Cao, G., & Prior, Ronald, Total, Antioxidant Capacity of Fruits. *Journal Agricultural Food Chemistry*, (1996) 44(3), 701-705.
35. Castro AJ. Composición química del aceite esencial de las hojas de *Erythroxylum novogranatense* (Morris) "coca", actividad antioxidante y determinación antibacteriana frente a *Streptococcus mutans* [tesis doctoral]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; (2008).
36. Sánchez CA, Soto Mayor GC. Efecto Hepatoprotector del Zumo de Fruta de la *Opuntia ficus indica* (Tuna), variedad morada, en Ratas con Intoxicación Hepática Inducida por Paracetamol [tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Humana; (2015).
37. Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, (2012). 27(1), 76-89.
38. Katalinic v., Modun D., Music I., Boban M. Gender differences in antioxidant capacity of rat tissues determined by 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate; ABTS) and ferric reducing antioxidant power FRAP assays. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*; (2005). 140: 47-52.

39. Doria E., Buonocore D., Focarelli A., Marzatico F. (2012). Relationship between human aging muscle and oxidative system pathway. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Volume 2012: 13 paginas.
40. Douglas RM, Hemila H, D'Souza R, Chalker EB, Treacy B Vitamin C for preventing and treating the common cold. (2004): [accessed febrero 16,2017]. Disponible en: <http://umn.edu/health/medical/spanishency/articles/vitamina-c>.
41. Chebrolu, K., Jayaprakasha, G., Yoo, K., Jifon, J. & Patil, S. An improved sample preparation method for quantification of ascorbic acid and dehydroascorbic acid by HPLC. *LWT - Food Science and Technology*, (2012). 47(2), 443–449 pp.
42. González C. Caracterización físico química del fruto de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) [tesis de maestría]. Santiago de Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales; (2010).
43. Barbany J, Javierre C. Suplementación en vitamina C y rendimiento deportivo. *Archivos de Medicina del deporte*. (2006); 23: 49 – 59. Disponible en: <http://femede.es/documentos/Vitamina%20C%20I%2049%20111.pdf>.
44. Montero M. Los radicales libres y las defensas antioxidantes. Revisión. *Anales de la Facultad de medicina*. (1996); 57 (4): p.36-44.
45. Rueda C. Antioxidantes naturales: Cómo reducir el riesgo de cáncer, Alzheimer y enfermedades cardiovasculares. 1era ed. Madrid: Ediciones Nowtilus S.L. (2010).
46. Zamora, D. Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. *Revista chilena de Nutrición*, (2007). 34(1), 17-26.

47. Pereira, M., Steffens, R., Jablonski, A., Hertz, P., Ríos, A., Vizzotto, M., & Flores, A. Characterization and Antioxidant Potential of Brazilian Fruits from the Myrtaceae Family. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (2012). 60, 3061-3067.
48. Beltrán A, Mera J, "Elaboración del Tubérculo Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Troceada en miel y determinación de la capacidad antioxidante. Tesis de grado no publicada. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. (2014).
49. Patil, C.B., Mahajan, S.K., and Katti, S.A., Chalcone: A Versatile Molecule, *J. Pharm. Sci & Res.* (2009); 1(3), 11-22.
50. García, B., Saldaña, A., & Saldaña, L. El estrés oxidativo y los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, (2013) 12 (2), 187-196.
51. Myra M. Tetteh, MPP. Ciencias de la salud y estrés oxidativo. Centro de Excelencia en Ciencias de Salud Ambiental de la Universidad de Michigan Environmental Health Fact Sheet, (2012).
52. Villanueva-Tiburcio J E, L A Condenzo-Hoyos, E R Asquierei Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubi* (H. B. K.) McVaugh). *Ciência e Tecnol. Alim.* (2010); 30:151-160.
53. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Yang, M., Rice-Evans, C., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology and Medicine*, (1999), 26 89-10): 1231-1237.
54. Benzie, I. F. F., Strain, J. J., Simultaneous automated measurement of total 'antioxidant' (reducing) capacity and ascorbic acid concentration, *Redox Report*, (1996), 3(4):233-2238.

55. Roginsky, V., Lissi, E., Review of methods to determine Chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*. (2005), 92:235-254.
56. Brand-Williams W, Cuvelier M, Berset C. Use of a free radical método to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol*. (1995); 20: 25-30.
57. Lock.O, De Ugaz, Investigación Fitoquímica. Métodos en el estudio de Productos Naturales. 3ra ed. Departamento de Ciencias Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú. (2016).
58. Campbell, D.T. y Stanley, J.C. Diseños experimentales y cuasi-experimentales de investigación. Buenos Aires (1973): Editorial Amorrortu.

ANEXOS

ANEXO 1

CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

ANEXO 2



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

CONSTANCIA N° 35-USM-2016

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (fruto), recibida de:

Rosy Berrospi Cristóbal, Susana Figueroa Díaz, Ofelia Mollinedo Moncada y Mirtha Sánchez Barrera de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad NORBERT WIENER; ha sido estudiada y clasificada como: ***Hylocereus undatus*** (Haw) Britton & Rose; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: CARYOPHYLLIDAE

ORDEN: CARYOPHYLLALES

FAMILIA: CACTACEAE

GENERO: *Hylocereus*

ESPECIE: *Hylocereus undatus* (Haw) Britton & Rose

Nombre vulgar: "Pitahaya roja".
Determinado por: Dra. Mónica Arakaki.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Lima, 06 de abril de 2016




Dra. HAYDEE MONTOYA TERREROS
JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

Figura 1. Lavado del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya". "Huaral.



Figura 2. Cortado del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya". "Huaral.



Figura 3. Maduración de *Hylocereus undatus* "pitahaya". Huaral.



Figura 4. Ramas y flores de *Hylocereus undatus* "pitahaya. "Huaral.



Figura 5. Bayas de *Hylocereus undatus* "pitahaya. "Huaral.



Figura 6. Crecimiento de *Hylocereus undatus* "pitahaya. "Huaral.



ANEXO 3

Análisis cualitativo del extracto etanólico de *Hylocereus undatus* “pitahaya”.

Figura 1. Análisis cualitativo del extracto etanólico del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”



Figura 2. Reactivos utilizados en la determinación de fitoconstituyentes.



ANEXO 4

Solubilidad del extracto etanólico de *Hylocereus undatus* “pitahaya”.

Figura 1. Solubilidad del extracto etanólico del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”

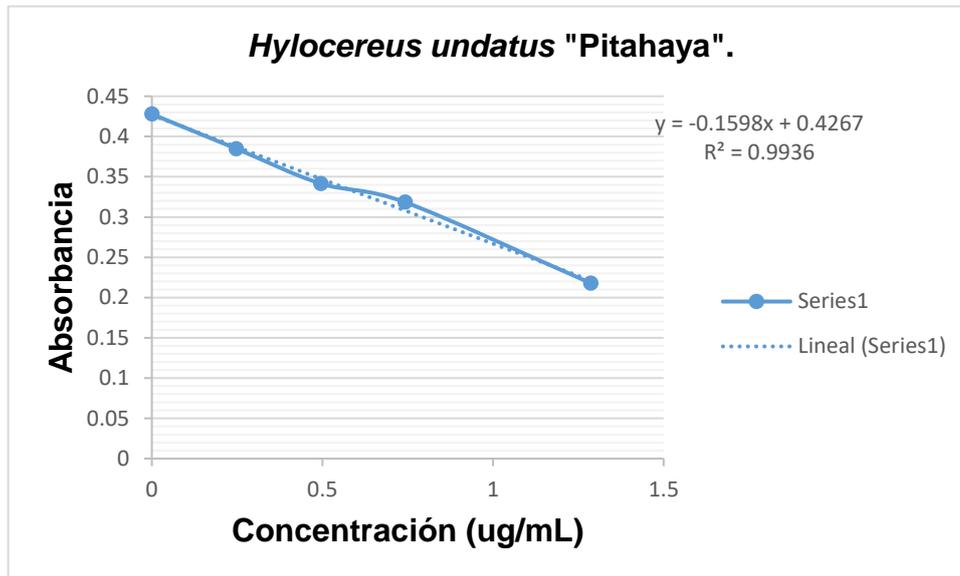


Figura 2. Solubilidad del extracto etanólico del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya”



ANEXO 5

Absorbancia vs concentración del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya".



Absorbancia vs concentración del Trolox (patrón)

