



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
INVESTIGACIÓN



Tema:

**DETERMINACION DE FLAVONOIDES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE
CLADODIOS DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*).**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO PARA
OPTAR POR EL GRADO DE QUÍMICO Y FARMACÉUTICO.**

AUTOR:

SAMUEL ARMANDO PÉREZ ENCALADA

TUTORA:

Q.F. GIOMARA QUIZHPE MONAR, MSC.

GUAYAQUIL - ECUADOR

2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutora del Trabajo de Titulación, Certifico:

Que he asesorado, guiado y revisado el trabajo de titulación en la modalidad de investigación, cuyo título es:

DETERMINACION DE FLAVONOIDES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CLADODIOS DE NOPAL (*Opuntia ficus indica*), presentado por Samuel Armando Pérez Encalada con cédula de ciudadanía N° 092639498-2, previo a la obtención del título de Químico y Farmacéutico.

Este trabajo ha sido aprobado en su totalidad y se adjunta el informe de Anti plagio del programa URKUND; Lo Certifico.

Guayaquil, 22 de enero de 2017

Giomara Margarita Qhizpe Monar

FIRMA TUTORA DE TESIS

CARTA DE AUTORIA DE TITULACIÓN

Guayaquil, 20 de enero de 2017.

Yo, Pérez Encalada Samuel Armando, autor de este trabajo declaro ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil, que la responsabilidad del contenido de este TRABAJO DE TITULACIÓN, me corresponde a mí exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil.

Declaro también es de mi autoría, que todo el material escrito, salvo el que está debidamente referenciado en el texto. Además, ratifico que este trabajo no ha sido parcial ni totalmente presentado para la obtención de un título, ni en una Universidad Nacional, ni una Extranjera.

Samuel Armando Pérez Encalada

NOMBRES DEL AUTOR

C.I. 0926394982

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

El Tribunal de Sustentación del Trabajo de Titulación del Sr. Samuel Armando Pérez Encalada, después de ser examinado en su presentación, memoria científica y defensa oral, da por aprobado el Trabajo de Titulación.

Dra. Zoila Luna Bella Estrella
Presidente - miembro del tribunal

Lic. Meribary Monsalve Paredes PhD.
Docente–miembro del tribunal

Q.F María Fernanda Vélez León. MSc.
Docente–miembro del tribunal

Ing. Nancy Vivar Cáceres
Secretaria encargada

INDICE

Contenido	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
I.1 Antecedentes.	4
I.2 Nopal.	9
I.3 Taxonomía.	9
I.3.1 Variedades cultivadas.	10
I.3.2 Descripción morfológica.	10
I.3.3 Aspecto agrícola.	10
I.3.4 Composición química de la planta	11
I.3.5 El Nopal en Latinoamérica.	16
I.3.6 Alimento funcional.	17
I.3.6.1 Clasificación de alimento funcional.	17
I.3.6.2 Compuesto antioxidante.	18
I.3.6.2 Compuesto fenólico.	19
I.4 Flavonoides.	21
1.4.1 Estructura de flavonoides.	21
1.4.2 Uso de la quercetina	23
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	24
II.1 Tipo de investigación	24
II.3 Variables.	26
II.4 Operacionalización de las variables	27
II.5 Criterios de inclusión y exclusión.	27
II.6 Descripción de la recolección de Nopal.	28
II.7 Concentración de flavonoides.	29
II.8 Actividad antioxidante.	29
II.9 Preparación de solución DPPH	30
CAPITULO III	
III1. Resultados	31
III 2. Discusión	32
III 3. Conclusión y recomendación	33
Referencia Bibliográfica.	34
Anexos	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Flavonoides, estructura básica y tipos.	19
Figura 2. Estructura química de los flavonoides más importantes.	20
Figura 3. Flavonoides más importantes	21
Figura 4. Molécula DDPPH	23
Figura 5. Reacción química	23

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Pág.
Tabla I. Taxonomía del Nopal	8
Tabla II. Cultivos de Nopal.	9
Tabla III. Composición fisicoquímica de los cladodios de Nopal	10
Tabla IV. Análisis del Nopal a diferentes edades.	10
Tabla V. Cantidad de Aminoácidos libres	11
Tabla VI. Comparación entre fruto y cladodio.	11
Tabla VII. Contenido de Minerales.	12
Tabla VIII. Contenido de pigmentos.	13
Tabla IX. Definiciones relacionadas con alimento funcional.	14
Tabla X. Agente Antioxidante tipo enzimático y no enzimático.	16
Tabla XI. Principales compuestos fenólicos.	18
Tabla XII. Resultados	31
Tabla XII. Resultados	31

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Bioproductos de las instalaciones del Centro de Investigación Biotecnológica del Ecuador (CIBE), ubicada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). El objetivo principal fue de comprobar que el cladodio de Nopal (*Opuntia ficus indica*) puede ser muy beneficiosa al ser consumida por el hombre y determinar mediante análisis fisicoquímicos el contenido total de flavonoides usando la técnica colorimétrica de cloruro de aluminio el cual fue de 1.50 ± 0.67 mg de EQ/g de muestra seca y su capacidad antioxidante haciendo uso del método DPPH obteniendo un resultado de 64.90 ± 0.51 %, este trabajo aporta un análisis único al ser expresado el contenido de flavonoides como equivalente de quercetina sobre gramo de muestra seca, sin embargo su capacidad antioxidante fue similar al trabajo realizado por Parraga en el 2015. Se concluye que el Nopal (*Opuntia ficus indica*) presenta un alto contenido de flavonoides y antioxidante y puede ser considerado como una buena alternativa de alimentación en el mercado ecuatoriano.

Palabras claves:

Nopal, 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH), antioxidante, flavonoides.

Abstract

The present work was carried out in the Laboratory of Bioproducts of the facilities of the Biotechnology Research Center of Ecuador (CIBE), located at the Polytechnic School of the Coast (ESPOL). The primary objective was to verify that the Nopal (*Opuntia ficus indica*) can be used for human consumption and to determine by physical-chemical analysis the total content of flavonoids using the colorimetric technique of aluminum chloride which was 1.50 ± 0.67 mg of EQ/g of dry sample and its antioxidant capacity using the DPPH method obtaining a result of $64.90 \pm 0.51\%$, this work provides a unique analysis because the content of flavonoids is expressed as quercetin equivalent on gram of dry sample, However its antioxidant capacity was similar to the work carried out by Parraga in 2015. It is concluded that Nopal (*Opuntia ficus indica*) Has a high content of flavonoids and antioxidant and can be considered as a good alternative of food in the Ecuadorian market.

Keywords:

Nopal, 2, 2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH), antioxidant, flavonoids.

Introducción

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es originario de América, pero se lo encuentra distribuido desde Canadá hasta Argentina y además es una planta símbolo en la cultura mexicana, las opuntias son utilizadas en diferentes zonas climáticas particularmente en regiones áridas y semiáridas. Es una fuente alimenticia muy bien reconocida, dadas las características morfológicas y fisiológicas que le permiten soportar condiciones ambientales desde escasa precipitación hasta altas y bajas temperaturas (Guzmán Loayza Deysi., 2007).

Se reproduce de manera sexual y asexual, tradicionalmente se le conoce por su efecto antioxidante relacionado con la presencia de ácido ascórbico, flavonoides, y ácidos fenólicos detectados en los cladodios y frutos de sus diferentes variedades (Celis, 2009).

Los flavonoides contienen grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros minerales, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante. Debido a esto representan una protección importante frente a los fenómenos de daño oxidativo, además tienen efecto en un elevado número de patologías. Sus propiedades anti-radicales libres se dirigen fundamentalmente hacia los radicales hidroxilos (Trueba, 2003).

Existe efecto sinérgico de los flavonoides con las vitaminas como el ácido ascórbico conocido como vitamina C, que reduce la oxidación de la quercetina es decir combinados permite que el flavonoide pueda mantener sus funciones durante un tiempo mayor, la quercetina protege de la oxidación a la vitamina E. (Jiménez., 2009).

Actualmente el nopal también se le atribuye propiedades anti- genotoxicos y anti- inflamatorios. (Celis, 2009).

El tema de la alimentación ha dejado de ser un simple medio para garantizar nuestra sobrevivencia y se ha convertido en una forma de vida que garantiza bienestar, Hoy en día los consumidores prefieren alimentos que aporten beneficios extras a sus dietas, es decir adicionales al de su valor nutritivo normal es decir que beneficien la salud de quienes lo ingieren (Birute Guzman A, 2014). Este cambio de hábito nutricional en la sociedad, ha sido de mucha importancia y tan bien muy variable a través del tiempo, pero siempre teniendo en claro que el principal objetivo es mantener una buena salud. Cada día la búsqueda de productos novedosos con propiedades funcionales que puedan mejorar el estado físico y mental es mayor por parte de los consumidores. Es por esta razón que se debe reconocer los alimentos que por muchos años fueron usados por sociedades indígenas, para evaluar su valor nutricional mediante un estudio que permita identificar sus potenciales aplicaciones en la industria alimenticia (Torres, 2015), así como en industria farmacéutica donde con el auge de los fitoquímicos se reconoce las propiedades de ciertas plantas a través de investigaciones y estudios de campo.

Vale recalcar que en los últimos años se han publicado trabajos acerca de alimentos elaborados a base de nopal, pero no hay un estudio que asegure sus beneficios de su alta capacidad antioxidante. De acuerdo a lo mencionado previamente esto este trabajo comprueba la presencia de estos benéficos mediante la determinación de flavonoides y su capacidad antioxidante.

- **Formulación del problema**

¿Los cladodios de nopal tendrán una gran cantidad de flavonoides y una alta capacidad antioxidante para ser considerado un alimento que aporte beneficios a la salud humana?

Hipótesis

El nopal (*Opuntia ficus indica*) contiene un elevado porcentaje de flavonoides y una gran actividad antioxidante que garantiza mejorar la salud humana.

Objetivos

a) Objetivo General

Determinar el porcentaje total de flavonoides y conocer su capacidad antioxidante.

b) Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un extracto metanol: agua (1:1) de los cladodios de nopal.
- ✓ Cuantificar el contenido de flavonoides mediante la técnica de colorimetría del cloruro de aluminio.
- ✓ Evaluar la actividad antioxidante por el método DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo).

CAPITULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1 Antecedentes

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es conocido como “planta de tuna” y ha tenido un gran interés desde tiempos prehispánicos (Velasquez, 1998), la opuntia ha logrado tener desde la antigüedad una importancia como alimento, bebida y una variada aplicación en la medicina así como de fuente de pigmentos, y objeto de prácticas mágico-religiosas. En la segunda mitad del siglo XX, el gobierno de México reconoció la importancia de esta cactácea, en especial para el forraje que amenazaba con la sobre explotación del cultivo, y debido a esto se empezó a crear programas de reforestación y recuperación de áreas degradadas, con el objetivo de controlar la desertificación (Perez, 2013).

En el país donde empezó a consumirse el nopal principalmente como alimento es México, por esta razón se la introdujo en la gastronomía local en preparaciones tradicionales y artesanales, es decir su uso puede variar desde sencillas producciones hasta productos que requieren un proceso técnico y que exigen un mayor control de calidad, como licores, suplementos dietéticos y otros productos que han alcanzado relieve en mercado internacional (Corrales, 2000).

Por muchos años la medicina y los productos provenientes de plantas medicinales han estado basados en el conocimiento tradicional obtenido de diferentes grupos étnicos, A través de los años se ha demostrado la importancia terapéutica del nopal, en especial la hipoglucemiantes en estudios in vitro. (Háud-Marroquín, 2010). Hoy en día se estudia el nopal para encontrar la cura de enfermedades crónicas como la diabetes por su efecto antihiperlicemico y por

reducir el colesterol previniendo problemas cardiacos (Basurto-Santos, 2006), esto le da una gran importancia farmacológica (Rodríguez-Fragoso., 2014).

Se ha podido demostrar una gran actividad protectora contra el rompimiento de hebras de ADN, y en extractos frescos un gran efecto neuro-protector (Hughes, 1998), también se ha comprobado un efecto hepatoprotector e hipolipemiante (Muñoz Luisa., 2014). En diferentes países, han utilizado los cladodios y sus frutos por sus beneficios medicinales, como en el tratamiento de la arteriosclerosis (Celis, 2009).

En nuestro país el nopal (*Opuntia ficus indica*), es tema de investigación para la elaboración de productos comestibles, como la formulación y elaboración de mermelada dietética apta para personas diabéticas usando niveles ajustados de edulcorantes con bajo aporte calórico utilizando la penca de nopal (*Opuntia ficus indica*) y fresa (*Fragaria vesca L.*) (Anrrango, 2012), así también como la elaboración de productos artesanales donde se reconoce su alto valor nutritivo en productos con buen sabor a los consumidores (Parraga, 2015).

Tanto son los beneficios reconocidos del nopal como fuente de energía que han llevado a usarlo como alimento en muchas ocasiones para el sustento de sus habitantes (Quiguango, 2011), pero también se lo usa para elaboración de fitofármacos debido que el nopal se lo ha usado para curar diarrea, reumas, como analgésico, y antiinflamatorio (Háuad-Marroquín, 2010).

En los últimos años, existe una tendencia global hacia el uso de productos que contengan fitoquímicos. El nopal tiene una distribución mundial y es un nutriente importante y fuente de alimento. Cerca de 1,600 especies de cactus pertenecen al género *Opuntia* y muchos de ellos producen frutos comestibles, ideales para ser servidos en platos con carne roja y blanca

Esta planta no solo presenta utilidad en el campo medicinal, farmacéutico, alimenticio y estético, sino que investigaciones señalan su uso para la creación de fuentes de energías alternativas como biocombustibles, haciéndolo una opción de energía muy sustentable (Méndez-Gallegos de Jesús, 2010).

1.2 Nopal (*Opuntia ficus indica*)

El nopal es una cetácea originaria del continente americano, los cladodios también conocidos como pencas o palas son hojas aplanadas gruesas con abundante tejido carnoso, su forma y color de la penca dependerá en gran medida de la edad de la planta (Guzmán Loayza Deysi., 2007).

1.3 Taxonomía

La taxonomía es muy compleja debido a que sus fenotipos varían de acuerdo a las condiciones ambientales (Saenz, 2006).

Tabla I: Taxonomía del Nopal

Clasificación Científica

Reino	Vegetal
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Genero	Opuntia
Especie	Ficus
Variedad	Indica
Nombre científico	<i>Opuntia ficus indica</i> (L)

Nombre común	Nopal, higo chumbo, tuna etc.
--------------	-------------------------------

Fuente: (Saenz, 2006)

1.3.1 Variedades Cultivadas

Existen 4 grupos cultivados que se diferencian por el color de la cascara y la pulpa del fruto:

Tabla II: Cultivos

Cascara	Pulpa
Cascara verde-amarilla	Pulpa blanca
Cascara amarilla-anaranjado	Pulpa naranja
Cascara verde-roja	Pulpa roja
Cascara purpura	Pulpa purpura

Fuente: (Alvarez, 2007)

1.3.2 Descripción Morfológica

Las tunas pueden extenderse horizontalmente varios metros, cuentan con un sistema ramificado rico en raíces muy absorbentes y superficiales para crecer en zonas áridas donde la humedad es muy escasa, la longitud de las raíces tiene una relación muy directa con las condiciones hídricas y fértiles de la tierra (Sudzuki, 1999), además presentan numerosos tallos modificados que hacen el trabajo de hoja denominado "cladodios" conocidos también como pencas, de forma ovoide, elípticos u oblonga parecido a una raqueta pueden alcanzar una longitud de 33-60

cm y 18-25cm de ancho alcanzar un grosor de 1.8-2.3cm de color verde pálido a oscuro dependiendo la variedad de la cetácea (Saenz, 2006).

Sobre ambas caras de los cladodios hay yemas llamadas areolas que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces, una vez que los cladodios están completamente desarrollados tienen 52-69 areolas por cada cara y a su vez cubierta por una gruesa cutícula que los protege de los insectos y patógenos, esta cutícula tiene la peculiaridad de ser de color blanquecino lo que permite reflejar gran parte de la radiación solar permitiendo que la planta tolere hasta los 60°C propio de un ambiente desértico, durante el día sus estomas que están en las pencas se mantienen cerrados para evitar la pérdida de agua, abriéndose en la noche es decir cumpliendo un patrón nocturno para que el paso de dióxido de carbono y la pérdida de vapor de agua ocurra en el momento más fresco del día, a este patrón se lo conoce como Metabolismo del ácido crasuláceo (MAC), generalmente las plantas nativas de zonas áridas y semiáridas propensas a sequías poseen este metabolismo (Nobel, 2003), los tallos con el tiempo pueden transformarse en tallos leñosos, fuertes de color ocre intenso a grisáceo (Alvarez, 2007).

El nopal también presenta unas pequeñas espinas llamadas gloquidios que se encuentran agrupadas entre sí recubiertas por una diminuta pelusa, cumple funciones específicas como proveer una defensa ante animales herbívoros y de proteger de la luz solar (Quiguango, 2011).

Sus flores son hermafroditas con dimensiones de 6 a 7 cm de longitud, presentan colores muy brillantes como rojo, amarillo, blanco y lila (Quiguango, 2011). Puede haber hasta 25 flores por cladodio los cuales se abren a los 35-45 días de su brotación, en la mayor parte del mundo la tuna florece una sola vez al año pero se puede modificar bajo condiciones específicas como el suministro de

agua en la estación seca lo que lo que provocara una segunda floración (Alvarez, 2007).

El fruto de la tuna es carnosos de sabor agradable, su forma es muy variable los hay ovoides, redondos, elípticos y oblongos con extremos aplanados, cóncavos o convexos por lo general presenta una longitud entre los 7-9cm, con un diámetro entre 5-6cm y un peso entre 8 a 14 gramos, su cascara varia en grosor, sus semillas son pequeñas de 4-4.5mm de longitud por lo que también se las ingiere al momento de comer su pulpa (Ochoa, 2003).

1.3.3 Aspectos Agrícolas

El nopal es una cetácea con una gran adaptabilidad a condiciones adversas, pueden crecer en ambientes a temperaturas muy altas y tienen un amplio intervalo de pH, aunque el óptimo debe oscilar entre 6.0-8.5, su desarrollo se da en suelos volcánicos, suelos calizas, suelos franco-arenoso, franco-arcilloso-arenoso (Gerencia Regional Agraria Peruana, 2009).

Para una buena producción con un alto rendimiento del cultivo, deben tener una fuente de agua cercana para un adecuado flujo hídrico, el mantenimiento de la tierra junto con el acomodamiento de la planta es un proceso manual en la cual se hacen surcos de 40x40x40 cm en un terreno limpio y preparado, la plantación se realiza de 40.000 a 55.000 plantas por hectárea (Gerencia Regional Agraria Peruana, 2009).

1.3.4 Composición Química de la planta.

Los cladodios son muy ricos en pectina, minerales y mucilago, poseen un alto contenido de ácido málico relacionado al metabolismo CAM (Metabolismo del

ácido crasuláceo) (Stinzing-Florian, 2006); Son ricos en azúcares, pro-vitamina A, C, pero son pobres en nitrógeno (Sudzuki, 1999) y son una importante fuente de fibra dietética (Guzmán Loayza Deysi., 2007).

El mucilago contiene aproximadamente 30.000 diferentes azúcares en diferentes proporciones (Celis, 2009).

Tabla III: Composición fisicoquímica de cladodios en base seca y húmeda.

Constituyente	Cladodios (g/100g) en base seca	Cladodios (g/100g) en base húmeda
Agua	-	88-95
Carbohidrato	64-71	3-7
Ceniza	19-23	1-2
Fibra	18	1-2
Proteínas	4-10	0.5-1
Lípidos	1-4	0.5-1
Ácido ascórbico	-	0.2

Fuente: (Stinzing-Florian, 2006) adaptado por (Celis, 2009)

La concentración de cada uno de los constituyentes dependerá en gran manera del lugar del cultivo, clima, variedad y edad de la planta, posee una acidez titulable de 0.03 a 0.12% con un pH de 5.0 a 6.6 y un contenido de sólidos solubles de 12-17% (Celis, 2009).

**Tabla IV: Análisis químico de nopal verdura en diferentes edades.
(Base seca)**

Ensayo %	1mes (60g)	2 mes (130-140g)	3 mes (190-210g)
Humedad	94.44±0.21	94.12±0.1	94.88±0.54
Cenizas	19.15±1.23	18.27±0.16	17.83±0.88
Grasa	2.59±0.35	2.60±0.52	3.85±0.21
Proteínas	2.59±0.49	2.07±0.32	2.43±0.18
Fibra	11.40±0.48	13.42±1.40	8.57±0.46

Fuente: (Hernandez-Granada, 2010), Adoptado por: (Parraga, 2015)

En esta tabla IV se demuestra el alto contenido de fibra y cenizas (Carbajal, 2013), también se aprecia que la edad de la planta influye en el porcentaje de estos constituyentes como sugieren estos resultados los nopales más jóvenes contienen más proteínas en comparación a lo que tienen más edad, a diferencia de la grasa que aumenta con la edad de la planta, mientras que la humedad en ambas edades se mantuvo sin un cambio significativo (Saenz, 2006).

Tabla V: Contenido de aminoácidos libres en los cladodios de *Opuntia ficus indica*

Aminoácidos	Contenido en los cladodios (g/100g) en base húmeda
Alanina	0.6
Asginina	2.4
Glutamina	17.3
Glicina	0.5
Isoleucina	1.9
Leucina	1.3

Fuente: (Celis, 2009)

De acuerdo a la tabla V la presencia total de aminoácidos es muy alto en comparación con los valores que presentan otras frutas, solo comparable a valores cercanos en cítricos y en la uva (Saenz, 2006).

Tabla VI: Comparación de vitaminas y otras sustancias antioxidantes entre el fruto y los cladodios de la *Opuntia spp.*

Constituyente	Cladodio (mg/100g) en base húmeda	Pulpa de fruta (mg/100g) en base húmeda
Ácido ascórbico	7-22	12-81
Niacina	0.46	Trazas
Ribloflavina	0.60	Trazas
Tiamina	0.14	Trazas
Carotenoides totales	11.3	0.29-2.37

Fuente: (Piga, 2004), adaptado por (Celis, 2009)

Como se observa en la tabla los cladodios de nopal son importantes en la nutrición, presentan compuestos que garantizan la mejora de la salud (Alvidrez, 2002), presentan diferentes fitoquímicos y nutrientes esenciales para una vida saludable (Saenz, 2006).

Tabla VII: Contenido de minerales en cladodios de (*Opuntia ficus indica*)

Componente	Peso seco de cladodio (g/100g)
Calcio (Ca)	5.6
Magnesio (Mg)	0.2
Potasio (K)	2.3

Fósforo (P)	0.1
Sodio (Na)	0.4
Hierro (Fe)	0.14ug (trazas)

Fuente: (Kader, 2002)

Como se detalla en la tabla VII los cladodios de nopal (*Opuntia ficus indica*) son ricos en calcio, magnesio, potasio, fosforo, sodio y hierro aunque este último lo contiene en bajas concentraciones, aportan minerales esenciales para el buen funcionamiento del cuerpo humano.

Tabla VIII: Contenido de pigmentos en cladodios de *Opuntia ficus indica*

Compuesto	Mg/g peso en fresco
Caroteno	0.33-0.38
Xantofila	0.33-0.39
Compuesto	Ug/g peso en fresco
Beta-caroteno	14.5-39.5
Luteína	6.8-27.0

Fuente: (Betancourt-Dominguez, 2006).

En la tabla VIII se describe el contenido de caroteno, xantofila y luteína, estos compuestos de naturaleza fenólica, estos fitoquímicos son de gran importancia para la medicina (Betancourt-Dominguez, 2006).

1.3.5 El Nopal en Latinoamérica.

Perú cuenta con 35.000 hectáreas silvestres de nopal que utilizan para el cultivo de la grana de cochinilla, insecto usado principalmente como colorante de color rojo (Soto-Hernandez, 2005), en Brasil existen aproximadamente 40.000 hectáreas, por su parte Chile tiene cerca de 1.100 hectáreas destinadas principalmente para alimentar ganado (Flores-Valdez, 2000).

En Ecuador el nopal se lo cultiva en las zonas secas y áridas de la costa y del callejón Interandino, estos cultivos se ubican en la península de Santa Elena, Machalilla, Puerto Cayo, Portoviejo, Arenillas, Valle del Chota, Loja y Guayllabamba (Gonzales, 2007).

En el 2001 se realizó un censo agropecuario en el país, referente a los cultivos permanentes y transitorios debido a que no existe información estadística veraz del cultivo de nopal, con colaboración del IICA (Instituto Internacional de cooperación para la agricultura) y el ministerio de Agricultura y ganadería, determinaron que en Ecuador el cultivo de nopal (*Opuntia ficus indica*) no excede a las 30 hectáreas (Gonzales, 2007).

Aunque el Nopal como cultivo en el País no cuenta con grandes extensiones de hectáreas en comparación a países vecinos, se cultiva de manera independiente en el país debido a su gran resistencia a diferentes climas para usarlo para en diversos platos gastronómicos; Debido a que es conocido su buen sabor se presta para diversas preparaciones como jugos, ensaladas o comúnmente a manera de tira llamados nopalitos que es un producto deshidratado de buen sabor (Asqui Tingo., 2015).

Los alimentos son valorados de acuerdo a su valor nutricional es decir de acuerdo a la aportación de nutrientes que puedan mantener la vida de un organismo, estos nutrientes pueden ser micro o macronutrientes, estos últimos

componen el 90% de la dieta total mientras que los micronutrientes representan el 1% (Silveira, 2003).

Tabla IX: Definiciones relacionadas con Alimento funcional

Termino	Definición
Alimento funcional	Alimento o ingrediente que aporta un nivel superior de nutrientes en comparación con el tradicional. (Thomas, 1994)
Alimento de diseño	Alimento procesado al que se le incorpora sustancias naturales reconocidas por prevenir enfermedades (Pence, 2002)
Nutracéutico	Todo alimento o parte de un alimento cuyos beneficios incluyen la prevención y el tratamiento de enfermedades (Andlauer, 2002)
Fitoquímicos	Componentes biológicamente activos que se encuentran en alimentos derivados de las plantas (Aponte, 2008)

Fuente: (Cortéz, 2005).

En la tabla IX se describe las definiciones relacionadas con alimento funcional es importante recalcar que los alimentos que aportan un nivel superior de nutrientes son benéficos para la salud a diferencia de la nutrición tradicional (Cámara-Hurtado, 2004).

1.3.6 Compuestos presentes en los alimentos funcionales

Los alimentos funcionales presentan compuestos en base a sus propiedades de actividad biológica, lo que está estrechamente relacionado a la estructura química siendo el grupo antioxidante como el principal seguido por los compuestos fenólicos destacando los flavonoides (González, 2013).

1.3.6.1 Compuesto antioxidante

Un antioxidante es toda sustancia que reduce el daño oxidativo que se encuentra dentro de un organismo vivo (Loor, 2012).

Los antioxidantes protegen a las células y a los tejidos por medios enzimáticos y no enzimáticos (Martínez-Damian, 2013), esta capacidad antioxidante es un efecto muy benéfico para la salud inhibiendo la oxidación causada por radicales libres los cuales son inestables y altamente reactivos siendo el 2% del oxígeno consumido por un ser vivo. (Tesoriere, 2005).

Tabla X: Agentes antioxidantes tipo enzimático y no enzimático

Enzimático	No enzimático
Superóxido dismutasa	Vitamina E, A
Glutation peroxidasa	Ácido úrico
Catalasa	Glutation
	Bilirrubina

FUENTE: (Zamora, 2007)

En la tabla X se observan antioxidantes de tipo enzimático ejerciendo su función fisiológica en el citoplasma y mitocondria de la célula donde su principal efecto como antioxidante será la eliminación de peróxidos de hidrogeno y peróxidos orgánicos, de esta manera se evita un daño por estrés oxidativo (Zamora, 2007).

Las vitaminas junto con el glutathion son agentes reductores de tipo no enzimático que donan electrones a especies oxidadas neutralizando de esta manera el potencial oxidativo. (Chao, 2002), el ácido úrico elimina los radicales hidroxilo a través de la orina (Díaz, 2010), la bilirrubina participa como tipo no enzimático siendo un producto del metabolismo HEM actuando a nivel extracelular (Zamora, 2007).

Estos agentes antioxidantes enzimáticos están presentes en el vaso, medula ósea, mucosa, riñón e hígado, el glutathion peroxidasa es dependiente del selenio utiliza glutathion reducido como donante de electrones para a su vez neutralizar el peróxido y transformarlo en agua (Knapen, 1999).

1.3.6.2 Compuesto fenólico

Los compuestos fenólicos llamados también polifenoles son elementos bioactivos presentes en los vegetales en condiciones de desarrollo normal o de estrés, son derivados del metabolismo del ácido siquímico y/o de un poliacetato y formados a través de una serie de reacciones de condensación entre el ácido hidroxicinámico y residuos de malonato es decir se derivan de dos vías anabólicas: la vía del ácido siquímico que una vez iniciado produce aminoácidos aromáticos (fenilalanina y tirosina) precursor del ácido cinámico, y la vía del acetato en la cual el ácido beta policetometilénico originan cuerpos fenólicos a través de reacciones de ciclación (Olivia, 2009)

Estos compuestos se encuentran en muy bajas concentraciones a la hora de ingerirlos debido a las condiciones de cocido del vegetal o a condiciones de procesado o almacenamiento (González, 2010).

Los polifenoles son metabolitos secundarios divididos en más de 8000 compuestos, además de intervenir en la pigmentación de la planta estos metabolitos participan en el crecimiento, reproducción y protege de patógenos al ser excretados como respuesta de defensa, en la actualidad presentan un gran interés nutricional por su contribución al mantenimiento de la salud humana principalmente por su actividad antioxidante de estos compuestos (Vaso, 2008).

Tabla XI: Principales compuestos fenólicos en vegetales.

Compuesto fenólico	Generalidad
Acido fenólico	Se encuentran derivados del ácido cinámico o benzoico (Sánchez-Paniagua, 2008)
Flavonoide	Existen más de 4000 flavonoides descubiertos en el reino vegetal y constituye el grupo más importante dentro de los polifenoles (Zavaleta, 2011)
Lignano	Principalmente se encuentra en granos y frutos secos. (Martínez-Damian, 2013)
Taninos	Presentan la capacidad de formar complejos con proteínas, alcaloides, minerales, etc.

(Recalde, 2007)

Elaborado por: Pérez (2016)

En la tabla XI se describe los principales compuestos fenólicos estudiados en vegetales.

El método más antiguo y rápido para determinar la actividad antioxidante resultado de la presencia de un compuesto fenólico es el DPPH que se basa en la capacidad de secuestrar radicales (Zavaleta, 2011), cabe recalcar que el grupo más importante dentro de los compuestos fenólicos son los flavonoides (Zavaleta, 2011), los mismo que serán evaluados en este trabajo.

1.4 Flavonoides.

La palabra flavonoide proviene de flavos que significa entre amarillo y rojo y se refiere a un grupo aromático, heterocíclico que contiene oxígeno, estos constituyen los colores amarillos, rojos azul, de las plantas y frutas (Jiménez., 2009).

Los flavonoides tienen bajo peso molecular, constan con esqueleto común de 15 carbonos distribuidos como (C₆-C₃-C₆) (Olivia, 2009), con dos anillos aromáticos que se unen por una cadena de 3 carbonos, que pueden o no formar un tercer anillo (Reyes S. C., 2013), los anillos bencénicos son llamados A y B y el sistema de numeración en la mayoría de sus compuestos se hace de acuerdo a lo que se detalla en la figura 1.

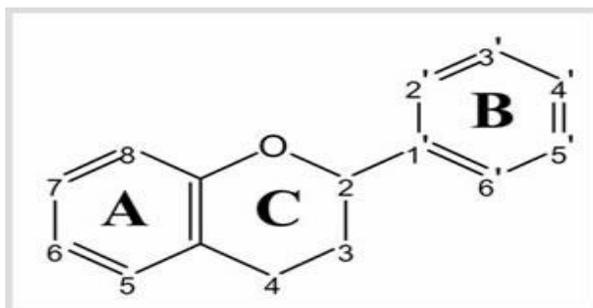


Figura 1. Estructura básica de un flavonoide. (Pérez, 2003)

Los flavonoides actúan como antioxidantes con capacidad de secuestrar y neutralizar radicales libres previniendo de esta manera daños oxidativos a diferentes tejidos, por esta razón podemos decir que juegan un papel importante en la prevención de procesos fisiopatológicos en el peor de los casos cáncer causado por estrés oxidativo (Reyes S. C., 2013).

Estos compuestos fenólicos constituyen la parte no energética de la dieta humana, se han identificado más de 5000 flavonoides diferentes, destacando la quercetina, se estima que el calor medio de ingesta al día es de 23mg esto es en una persona que regularmente ingiere frutas o vegetales crudos o cocidos (Martinez-Flores, 2010).

1.4.1 Estructura de los flavonoides.

La forma estructural de los flavonoides está condicionada por las variaciones del anillo heterocíclico C y por la posición de los sustituyentes. Hay que resaltar que los flavonoides están normalmente hidroxilados en las posiciones 3, 5, 3", 4 y 5", también aparecen frecuentemente glicosilada en las posiciones 3 y 7 (Olivia, 2009), como se muestra en la figura 2.

Las características estructurales más importantes para su función son:

- a) La presencia en el anillo B de la estructura catecol u O-dihidroxi.
- b) La presencia de un doble enlace en la posición 2,3.
- c) La presencia de un grupo hidroxilo (Martinez-Flores, 2010)

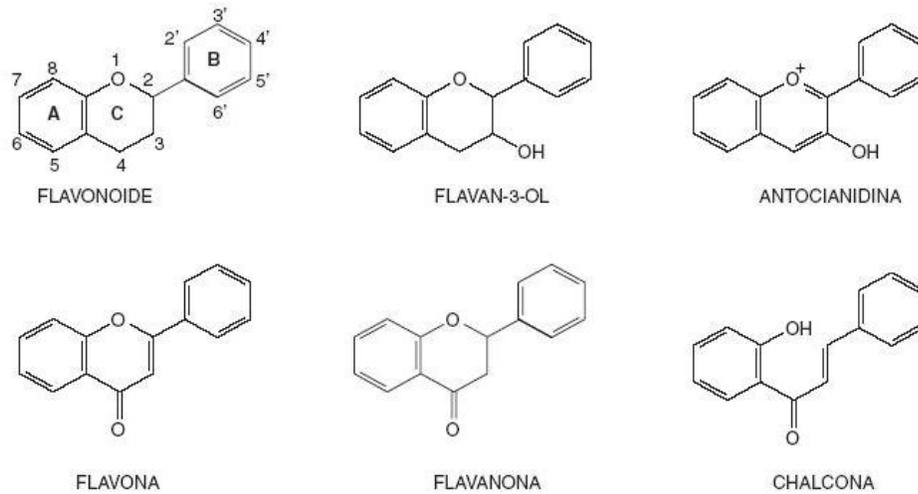


Figura 2. Flavonoides, estructura básica y tipos (Tenorio, 2006)

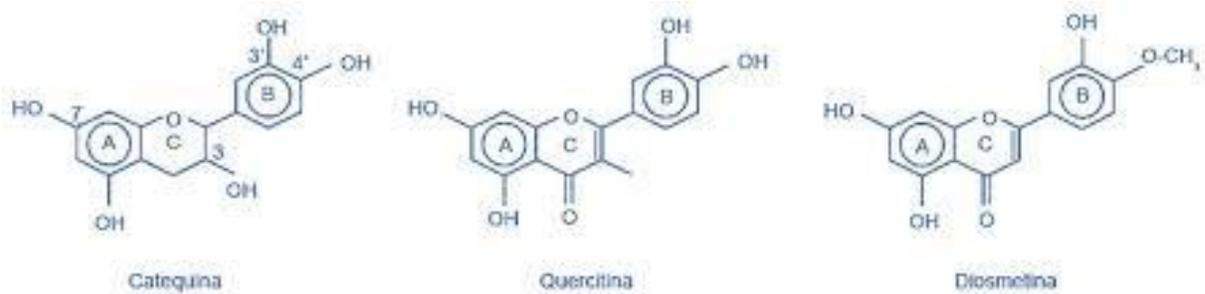


Figura 3. Estructura química de los flavonoides más importantes (Russo, 2007)

En la figura 4 la quercetina presenta las tres características mencionadas anteriormente por esta razón se lo considera uno de los flavonoides más importantes para el campo de la medicina aplicada a la salud humana, la catequina solo presenta la segunda característica, mientras que la diosmetina solo presenta la primera.

Aunque los flavonoides no son considerados como vitaminas, pueden ejercer un sinergismo con estas, es el caso de la quercetina junto con la vitamina C y E, permitiéndole ejercer por más tiempo su capacidad antioxidante (Jiménez., 2009).

1.4.2 Quercetina.

La quercetina es un flavonoide ampliamente distribuido en el reino vegetal, entre sus principales virtudes es su capacidad antioxidante ejerciendo un papel citoprotector retirando el oxígeno reactivo en forma de aniones superóxidos, radicales hidróxidos, peróxidos lipídicos (Lab. Merck S.A, 2004)

1.4.3 Actividad Cardiovascular.

La quercetina demostró reducir la incidencia de infarto en el miocardio y de derrames cerebrales en personas de la tercera edad; Las poblaciones que consumen productos ricos en este flavonoide estadísticamente presentan menos riesgo a enfermedades cardiovasculares (Hertog G., 2000).

1.4.4 Actividad inmunológica.

Muchos estudios han aseverado el fortalecimiento del sistema inmunológico, es especial en el tracto gastrointestinal a partir de la administración de quercetina (Lab. Merck S.A, 2004)

1.4.5. Actividad antiviral.

La quercetina ha demostrado ser un potente antiviral interfiriendo en la replicación de adenovirus, rotavirus, coronavirus en cultivos celulares (Lab. Merck S.A, 2004)

1.4.6 Uso de la quercetina.

En la actualidad la quercetina se lo utiliza como un suplemento o medicamento para la prevención y tratamiento de diversas enfermedades como endurecimiento de las arterias, colesterol alto, problemas de circulación, diabetes, cataratas, alergias, úlceras estomacales, tratamiento de problemas de la próstata, y como suplemento para deportistas para mantener un buen rendimiento físico (Martinez-Flores, 2010).

1.4.7 Determinación de la actividad antioxidante por el método DPPH.

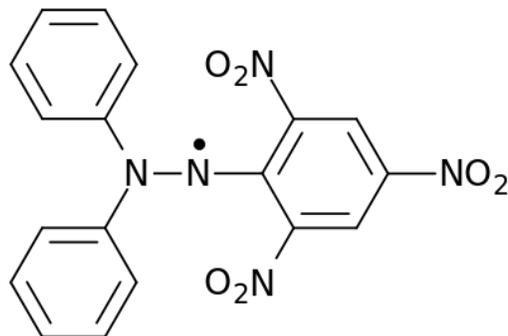


Figura 4: Molécula de DPPH (Amorin, 2010)

La actividad antioxidante se medirá espectrofotométricamente de acuerdo al cambio de color de violeta a amarillo, esta decoloración de la solución indicara la capacidad del compuesto para atrapar radicales. (Gonzales, 2007)

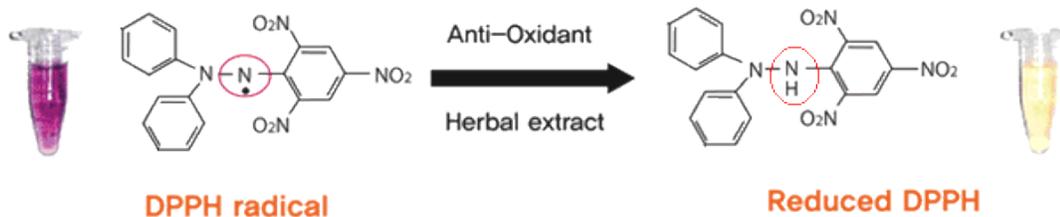


Figura 5: Reacción química entre el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y la especie antioxidante debido a la donación de un electrón (Amorin, 2010).

La medición de la capacidad antioxidante se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\%AAR = 100 - \left(\frac{(ABS_{muestra} - ABS_{blanco}) \times 100}{ABS_{control}} \right)$$

Dónde:

%AAR= Porcentaje de actividad antioxidante

ABS _{muestra}= Absorbancia de la muestra.

ABS _{blanco} = Absorbancia del blanco (metanol y muestra)

ABS _{control} = Absorbancia de la solución control (metanol + Sol. DPPH.) (Parraga, 2015)

CAPITULO II

Materiales y métodos.

II.1 Tipo de Investigación

El trabajo es de carácter experimental porque los resultados serán obtenidos mediante técnicas específicas

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Bioproductos de las instalaciones del Centro de Investigación Biotecnológica del Ecuador (CIBE), ubicada en el Campus "Gustavo Galindo V." de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) cuya ubicación es:

Provincia: Guayas
Cantón: Guayaquil
Parroquia: Guayaquil
Ubicación: Km. 30.5 Vía Perimetral, contiguo a la Cdla. Santa Cecilia

II.2 Materia prima e insumos:

Nopal (*Opuntia ficus indica*), agua potable, agua destilada.

Reactivos:

Metanol grado reactivo, reactivo 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH), cloruro de aluminio al 2.5%, nitrito de sodio, hidróxido de sodio al 0.5N, estándar de Quercetina anhidra.

Materiales y equipos:

Matraces Erlenmeyer de 100ml, pipetas de 1 y 5 ml, cubetas de cuarzo para espectrofotómetro marca biotek modelo Synergy HT, cuchillo de acero, pinzas, tubo de ensayo, frasco ámbar de 100ml, refrigerador marca HACEB; Balanza digital marca Mettler Toledo modelo AB204-S, estufa eléctrica con control de temperatura marca Quimis, Desecador.

II.3 Variables

Dependientes:

- Concentración total de flavonoides
- Actividad antioxidante.

Independiente:

- Extracto metanol-agua 1:1

II. 4 Operacionalización de las variables.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES Y UNIDAD DE MEDIDA
Concentración total de flavonoides	Es la cantidad presente en una muestra vegetal	Se expresa en porcentaje como mg Eq quercetina/g peso seco.
Actividad antioxidante	Capacidad de inhibir radicales	Se expresa en porcentaje como captación de radical.
Extracto metanol-agua	Se obtiene una extracción usando un solvente y agua 1:1.	Se expresa el volumen del solvente en mililitros.

II. 5 Criterios de inclusión y exclusión.

Criterio de inclusión:

Cladodio desarrollado y sin estropear
Cladodio libre de insectos o impurezas

Criterio de exclusión:

Cladodios sin desarrollar
Cladodios con presencia de insectos o impurezas

II.6 Descripción de recolección de nopal.

A. Recepción y Selección:

Las pencas de Nopal (*Opuntia ficus indica*) que se usarán en este trabajo provienen del sembrado de la ESPOL; Ver Anexo 1.

El Nopal se receptara según requisitos mínimos de calidad para el Nopal según el CODEX STAN 185-1993 (CODEX ALIMENTARIUS, 2005).

B. Lavado y despinzado :

Se usara agua potable para eliminar tierra y partículas extrañas Para el desespinado se usara un cuchillo para cuidadosamente separar con la punta para no dañar seriamente la penca; Ver anexo 2.

C. Trozado:

Se cortarán por la mitad; Ver anexo 3.

D. Disminución del mucílago:

Manualmente se extraerá el mucílago con la ayuda de un cuchillo; Anexo 3.

E. Preparar un Extracto metanol-agua 1:1; Ver anexo 4.

Se seca el cladodio en una estufa eléctrica a 45 grados centígrados por dos horas y posteriormente se obtiene la extracción.

Se tomó 20 gramos de nopal en un frasco ámbar para protegerse la luz, y se vertió 50 ml de metanol grado reactivo y 50 ml de agua destilada, se homogenizo y se dejó en reposo por 24 horas, luego se filtró y se guardó bajo refrigeración a 20 grados centígrados para su uso posterior.

II.7 Contenido de Flavonoides totales.

Para cuantificar el contenido total de flavonoides se evaluó mediante el método colorímetro de cloruro de aluminio al 2.5% propuesto por Ivanova et al (2011).

Donde a 0.5 ml del extracto hidroalcohólico (a una concentración conocida de 0.3mg/ml) se le añadió 2 ml de agua destilada y 150 ul de nitrito de sodio se deja reposar por 5 minutos y se le añade 150ul de cloruro de aluminio al 2.5% después de 6 minutos se le añade 1 ml de hidróxido de sodio 0.5N, se homogeniza y se enraza con agua destilada hasta un volumen final de 5ml. Para la cuantificación se elaboró una curva de calibración de quercetina a concentraciones entre 0.18 a 0.30 mg/ml. La lectura de la absorbancia fue realizada por un espectrofotómetro a la longitud de onda de 510nm. El contenido total debe ser expresado como mg de quercetina/g de muestra seca.

II.8 Actividad antioxidante (DPPH).

Para la determinación de la capacidad antioxidante se aplica el protocolo de laboratorio proporcionado por el Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE-ESPOL, 2012).

II.9 Preparación de la solución 2,2- Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH).

Pesar en la balanza analítica 7.5 mg del reactivo DPPH y disolverlo en 250 ml de metanol para obtener una disolución de 0.1Nm.

1. Se coloca en un tubo de ensayo (protegido de la luz) 2ml de la disolución DPPH 0.1Nm. Añadir 0.7ml del extracto de muestra obtenido previamente y leer inmediatamente a una longitud de onda de 517nm.
2. Se deja reaccionar la muestra por un lapso de 30 minutos y se lee nuevamente (En caso de que se dé una disminución de absorción acelerada, o si el valor de absorbancia es muy alto se procede a realizar una dilución).

CAPITULO III: Resultados y discusión

III.1 Resultados.

Tabla XII

Condiciones de análisis	
Temperatura (°C)	25
Humedad (%)	56

De acuerdo a la tabla XII se trabajó con una temperatura ambiente de 25 grados centígrados y un porcentaje de humedad de 56 % dentro del laboratorio durante el análisis.

Se seleccionó 10 cladodios al azar de diferentes nopales, que aprobaron los criterios de inclusión y se hicieron cortes longitudinales para procesarlo como una muestra única y realizar los análisis fisicoquímicos por triplicado

Tabla XIII

Parámetros	Resultado final del análisis por triplicado
Contenido de flavonoides totales	1.50 ± 0.67 mg de EQ/g de muestra seca
Actividad antioxidante	64.90 ± 0.51 %

En la tabla XIII se detalla los valores obtenidos del nopal en cuanto al contenido total de flavonoides mediante el método colorímetro del cloruro de aluminio descrito por (Min et al. 2008) y su capacidad antioxidante que fue evaluada mediante el ensayo de decoloración del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) descrito por (Ebada et al. 2008). Ver Anexo 5 (Informe final de la ESPOL-CIBE)

III.2 Discusión

El resultado de contenido de flavonoides totales fue de 1.50 ± 0.67 mg de quercetina sobre gramos de muestra seca, empleando una relación de metanol: agua como método de extracción (1:1), siendo un valor muy parecido al trabajo realizado por (Celis, 2009) donde se evaluó de forma general el contenido de compuestos fenólicos del nopal en México siendo el resultado de 0.57 ± 2.35 mg de ácido gálico sobre muestra seca, usando el ácido gálico como solvente de extracción, vale recalcar que en Ecuador no hay estudios previos sobre el contenido total de flavonoides expresados en mg de quercetina sobre peso seco; su capacidad antioxidante mediante el método DPPH fue de $64.90 \pm 0.51\%$ un valor muy cercano al trabajo de (Reyes M. M., 2014) en España donde fue de $66.80 \pm 0.29\%$ en este trabajo las muestras fueron extraídas con relación 1:1 peso /volumen (agua), valores semejantes al trabajo realizado por (Parraga, 2015) con un resultado de $67.98 \pm 4.35 \%$ donde las muestras fueron extraídas de un extracto metanol: agua (1:1).

III.3 Conclusiones:

1. Se realizó un extracto de los cladodios del nopal empleando como reactivos metanol y agua destilada en partes iguales (1:1) para posteriormente usarla en los análisis correspondientes.
2. El porcentaje del total de flavonoides se lo expreso como quercetina sobre gramos de muestra seca donde el resultado fue de 1.50 ± 0.67 , utilizando el método colorimétrico de cloruro de aluminio al 2.5 % y empleando una onda de longitud de 510 nm.
3. La evaluación de la capacidad antioxidante se la realizó mediante el ensayo de decoloración del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) obteniendo un resultado de $64.90 \pm 0.51\%$ demostrando una alto rendimiento como agente antioxidante.

III.4. Recomendaciones:

1. Evaluar el contenido de otros compuestos fenólicos.
2. Desarrollar una forma farmacéutica a base de nopal.
3. Elaborar productos alimenticios a partir del nopal
4. Investigar otras posibles aplicaciones del nopal
5. Realizar análisis químicos de los frutos del nopal

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alvarez, B. (2007). Analisis de Factibilidad del cultivo de la Tuna en la localidad de Icaño, Departamento la Paz. pag: 6-8. Direccion provincial de programacion del Desarrollo, Argentina. Obtenido de <http://documents.mx/documents/19-analisis-de-factibilidad-del-cultivo-de-la-tuna-en-la-localidad-de-icano.html#>

Alvidrez, M. G. (2002). Tendencia de la produccion de alimentos: Alimentos funcionales, RESPYN 3(3).Vol 3., Numero de edicion 3.,Universidad Autónoma de Nuevo León (México). Obtenido de http://www.respyn.uanl.mx/iii/3/ensayos/alimentos_funcionales.html

Amorin, F. (2010). *Quimica Nova Interativa., Sociedad Brasileira de Quimica., Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Río de Janeiro - Nilópolis Campus.* Obtenido de http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=4J4NcOscwSWQozPv_U900znaLVcJT9yuEtosdRR6-OUaLje9-uzD1r0zo9HWIFgxKcELr89FjeGeQhTJYPGT2Q

Andlauer, W. &. (2002). *Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. Food Research International, 35(2-3), pp: 171-176.* Obtenido de 10.1016/S0963-9969(01)00179-X

Anrrango, A. &. (2012). Elaboración de mermelada dietética apta para personas diabéticas utilizando mezcla de penca de nopal (*Opuntia ficus indica*) y fresa (*Fragaria vesca L.*). *Tesis de Grado.* Ibarra, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Ecuador: Retrieved from repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2051.

Aponte, M. C. (2008). *Gobierno Bolivariano de Venezuela. Instituto Nacional de Nutricion. Venezuela.* Obtenido de <http://www.inn.gob.ve/pdf/docinves/fitoquimicores.pdf>

Asqui Tingo., A. M. (2015). *Recetario a base de Nopal, (Tesis de grado), Escuela Politecnica del Chimborazo, Facultad de salud publica., Chimborazo, Ecuador.* Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2329>

Bao, Y. &. (2004). *Phytochemical in health and disease, New York, EEUU: Marcel Dekker. Science.*

Basurto-Santos, D. L.-J.-G. (2006). Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la Diabetes Mellitus tipo 2. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 4.

Betancourt-Dominguez, M. H.-P.-S. (2006). *Physico-Chemical Changes In Cladodes (Nopalitos) From Cultivated And Wild Cacti (Opuntia spp.)*. Vol.61, pp:115-119, *Plant Foods for humans*. Obtenido de <http://link.springer.com/article/10.1007/s11130-006-0008-6>

Biruete Guzman A, J. H. (04 de 07 de 2014). *medigraphic Artemisa*. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2009/sp093h.pdf>

Cámara-Hurtado, M. S.-m.-I. (2004). *Frutas y verduras, fuente de salud-colección nutrición y salud (Vol. 8)*. Madrid, España: Grupo Elba.

Carbajal, C. (2013). *Efecto del tamaño del cladodio en la actividad antioxidante del Nopal (Opuntia ficus indica) en tejidos de ratas diabéticas inducidas con Estreptozotocina. (Tesis de grado)*. Universidad Autónoma de Queretano, Facultad de Química, Queretano, Mexico. Obtenido de ri.uaq.mx/bitstream/123456789/1030/1/RI000546.pdf

Celis, E. F. (2009). *Potencial nutraceutico del nopal. (Tesis de maestría)*., Universidad de Queretano, Facultad de Química, Queretano, Mexico. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:m6JvBSerlCkJ:ri.uaq.mx/handle/123456789/2576+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>

Chao, J. Y. (2002). *itamin C and E supplements improve the impaired antioxidant status and decrease plasma lipid peroxides in hemodialysis patients small star, filled*. Institute of Nutrition and Health Sciences, Taipei Medical University, Taipei, Taiwan. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12550062>

CIBE-ESPOL. (2012). *Determinación de Actividad Antioxidante*. Protocolo de laboratorio, Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, Área de Bioproductos y Bioprocesos, Guayaquil. Recuperado el 22 de Julio de 2015

CODEX ALIMENTARIUS. (2005). *Norma del Codex para el Nopal*. CODEX ALIMENTARIUS.

Corrales, J. &. (2000). *Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del Nopal y Tuna.*, Centro de Investigaciones económicas, sociales y tecnológicas de la Agricultura y la Agroindustria mundial, Primera Edición., Universidad Autónoma de Chapingo, México. Obtenido de http://www.researchgate.net/profile/Joel_Corrales_Garcia/publication/258631

613_Tendencias_actuales_y_futuras_en_el_procesamiento_del_nopal_y_la_tuna/links/00463528c2beccb189000000.pdf

Cortéz, M. C. (2005). *Alimentos funcionales: una historia con mucho presente y futuro*. *Vitae*, 12(1), pp: 5-14. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815869001>

Delgado-Vargas, F. P.-L. (2000). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains--characteristics, biosynthesis, processing, and stability., *Rev: Food Science Nutrition*.pp 12-16.

Díaz, D. D. (2010). *Ácido úrico: ¿Antioxidante o pro-oxidante? Su relación con la hipertensión arterial*.Vol.5,pp:6-12, *Escuela Latinoamericana de medicina, Cuba, La Habana*. Obtenido de <http://revpanorama.sld.cu/index.php/panorama/article/view/109/pdf>

Flores-Valdez. (2000). *Produccion, industrializacion y comercializacion de nopalitos, Agroecología, cultivo y uso del Nopal*. (Vol. 132. pp. 97-105). *Roma-Italia., Estudio FAO produccion y proteccion vegetal*. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/Producci%C3%B3n_industrializaci%C3%B3n_y_comerci.html?id=4INqAAAACAAJ&redir_esc=y

Gerardo Martínez Soto, A. F. (2010). *Acta universitaria., Características de secado de nopal (Opuntia ficus indica), Departamento de Alimentos, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Irapuato, Gto., México., Volumen 20, numero especial 3*. Obtenido de <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/viewFile/61/48>

Gerardo Martínez Soto., A. F. (2010). *Acta universitaria., Características de secado de nopal (Opuntia ficus indica).Departamento de Alimentos, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Irapuato, Gto., México., Volumen 20, numero especial 3*. . Obtenido de <http://www.acuedi.org/ddata/1642.pdf>

Gerencia Regional Agraria Peruana. (2009). *Cultivo de Tuna (Opuntia ficus indica)*. *Trujillo, Perú*. Obtenido de <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNIC>

González, F. (2010). *Caracterización de compuestos fenólicos presentes en la semilla y aceite de Chía (Salvia hispanica L.), mediante electroforesis capilar. (Tesis de maestria)*. *Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológica, Ciudad de México*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9536/1/36.pdf>

Gonzales, G. J. (2007). *Cultivo e industrialización de la tuna (proyecto de grado)*. Escuela politecnica del Litoral, Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas, Guayaquil. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/Producci%C3%B3n_industrializaci%C3%B3n_y_comerci.html?id=4INqAAAACAAJ&redir_esc=y

González, A. L. (2013). *Nutraceuticals for older people: facts, fictions and gaps in knowledge*, Department of Food Science and Technology, CEBAS-CSIC, Murcia, Spain pp:27-33. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23791247>

Guzmán Loayza Deysi., C. J. (04 de 07 de 2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Scielo Peru*, 2-4. Obtenido de Revista de la sociedad Quimica de Perú: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000100005

Háuaad-Marroquín, L. A. (2010). Utilizacion del nopal y otras cactaceas. *Salud Pública y Nutrición*, 180-184.

Hernandez-Granada, E. R.-O.-R. (2010). *Efecto del estado de madurez sobre la composicion quimica de Nopal verdura (Opuntia ficus indica)*. Var. Milpa Alta., Congreso Nacional de Ingenieria de Bioquimica. Obtenido de <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/1030/1/RI000546.pdf>

Hertog G., H. P. (Diciembre de 2000). *Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines and fruits juices*. J. American Chemical Society. Obtenido de <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00024a011>

Hughes, K. &. (1998). Vitamins, selenium, iron, and coronary heart disease risk in Indians, Malays, and Chinese in Singapore. *J Epidemiol Community Health*, 182-186. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1756686/>

Jiménez., C. I. (2009). *Flavonoides y sus acciones antioxidantes, (Monografía)*, Revista de la Facultad Medica, Vol.52, UNAM. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2009/un092g.pdf>

Kader, A. (2002). *Cactus (Prickly) Pear: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*, Department of Plant Sciences, University of California. EEUU. Obtenido de <http://ucanr.edu/sites/postharvest/PFfruits/CactusPear/>

Knapen, C. P. (1999). *Glutathione and glutathione-related enzymes in reproduction*, Vol 82, pp:171-184, European Journal. Obtenido de [http://www.ejog.org/article/S0301-2115\(98\)00242-5/abstract?cc=y=](http://www.ejog.org/article/S0301-2115(98)00242-5/abstract?cc=y=)

Lab. Merck S.A. (2004). *Industrias Químicas. Bioflavonoides: Quercetina y Rutina. Informe a Profesionales.* . Obtenido de <http://dietcan.net/docs/QUERCETINALabMerck.pdf>

Loor, R. M. (2012). *Determinacion de la capacidad antioxidante de la nuez de Macademia mediante el metodo DPPH, Obtencion de su aceite aplicando la técnica soxhlet y sus aplicaciones.(Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingenieria Quimica, Guayaquil,Ecuador.* Obtenido de repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/463

Martha, B. (2011). *Sociedad Española de Nutracéutica médica. Madrid.* Obtenido de <http://www.nutraceuticamedica.org/definicion.htm>

Martínez-Damian, M. C.-Á.-L.-P.-R. (2013). *Actividad enzimática y capacidad antioxidante en menta (Mentha piperita L.) almacenada bajo refrigeración. Agronomía Mesoamericana, 24(1) pp: 57-69.* Obtenido de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_057.pdf

Martinez-Flores, J. G.-G. (2010). *Los flavonoides: Propiedades y accion antioxidante, Nutricion Hospitalaria, Departamento de Fisiologia, Universidad de León, España.*

Méndez-Gallegos de Jesús, R. D.-O.-G. (2010). El nopal en la producción de Biocombustibles. *Revista Salud Pública y Nutrición (RESPYN)(5)*, 65-85.

Muñoz Luisa., D. Y. (2014). Efecto de la administracion oral de nopal deshidratado sobre el perfil de lipidos en individuos con dislipidemia y sobrepeso/obesidad. *Revista Iberoamericana de ciencias*, 148-159.

Nobel, P. (2003). *Ecofisiologia de Opuntia ficus indica. InC. Mondragon-Jacobo, & S. Perez-Gonzales.* Obtenido de El Nopal (Opuntia spp) como forraje (pp. 17-25). Roma, Italia: Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentacion (FAO): <http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s00.htm>

Ochoa, J. (2003). Principales características de las distintas variedades de tuna (Opuntia spp). Republica de Argentina, FAO International Technical Cooperation Network on Cactus pear, Cactusnet Newsletter, Roma.

Olivia, R. P. (septiembre de 2009). *Universidad de Salamanca, Facultad de farmacia, Departamento de bioquimica y biologia molecular. ESTUDIO ESTRUCTURAL Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES ANTIOXIDATIVAS DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE THYMUS. Trabajo para optar el titulo de grado. Mexico.* Obtenido de <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/3576/1/DEA2009.pdf>

Parraga, E. (2015). Formulación de dos presentaciones artesanales de conserva vegetal a base de Nopal (*Opuntia ficus indica*) y evaluación de su capacidad antioxidante. *Tesis de grado*. Guayaquil, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Ecuador: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9044>.

Perez, M. (2013). *Historia del uso de Opuntia como forraje en México, Departamento de Agricultura, Deposito de documento de la FAO. Universidad Autónoma de Chapingo, México*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s05.htm>

Pérez, T. G. (2003). *Centro de Investigaciones Biomédicas., Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas "Victoria de Girón", Cuba, La Habana, Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes*. Obtenido de http://www.bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol22_1_03/ibi07103.htm

Piga, A. (2004). Cactus pear a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the professional Association for cactus development.*, 9-23.

Quiguango, W. (2011). "Utilización de la penca de Nopal (*Opuntia ficus indica*), para la elaboración de jugo". *Tesis de grado*. Ibarra, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ecuador: repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/379.

Ramos, J. M. (2013). *Universidad Autonoma de Chapingo., Instituto de Horticultura., Fenología y diversas variedades de Tuna., Trabajo de tesis para la obtencion de titulo de Ciencias en Biotecnología Agrícola., Mexico., pag 1-10*. Obtenido de <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMIBA2013120710127902.pdf>

Recalde, A. (2007). *Evaluación del efecto del presecado y tiempo de fermentación, en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y ácidos volátiles en dos genotipos de cacao.(Tesis doctoral), Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Química, Quito, Ecuador*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=78wbAgAAQBAJ&pg=PR15&lpg=PR15&dq=Evaluaci%C3%B3n+del+efecto+del+presecado+y+tiempo+de+fermentaci%C3%B3n,+en+los+contenidos+de+polifenoles+totales,+alcaloides+y+%C3%A1cidos+vol%C3%A1tiles+en+dos+genotipos+de+cacao>

Reyes, M. M. (agosto de 2014). *Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Revista Académica de Investigación. Málaga. España. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y MICROENCAPSULACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA*. Obtenido de <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/16/opuntia.html>

Reyes, S. C. (2013). *CAPACIDAD ANTIOXIDANTE in vitro DE LOS FLAVONOIDES TOTALES*, *Revista Farmaciencia*, Vol 1, Ciudad de Huachamuco. Universidad Central de Trujillo. Obtenido de <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/farmabioq/article/view/464/419>

Rodríguez-Fragoso. (2014). *Producto naturales química e investigación. Cactus (Opuntia ficus-indica): Una revisión de sus antioxidantes y propiedades potencial farmacológico uso en enfermedades crónicas*, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias Biológicas y Químicas. Obtenido de <http://www.esciencecentral.org/journals/cactus-opuntia-ficusindica-a-review-on-its-antioxidants-properties-2329-6836.1000153.php?aid=33317>

Russo, R. S. (2007). *SciELO., Revista Costarricense de Cardiología., vol.8 n.1 San José Jan., Los flavonoides en la terapia cardiovascular. Costa Rica*. Obtenido de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422006000100003#F1

Saenz, C. H. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Obtenido de Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO N° 162. Roma.: <http://www.fao.org/3/a-a0534s.pdf>

Sánchez-Paniagua, M. (2008). *Biosensores amperométricos de tirosinasa para la determinación de compuestos fenólicos en medios acuosos y no acuosos. (Tesis doctoral)*, Universidad Complutense de Madrid, España. Obtenido de eprints.ucm.es/8131/1/T30542.pdf

Silveira, M. M. (2003). *Alimentos funcionales y nutrición óptima. Rev. Esp. Salud pública., 77(3)*. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135->

Soto-Hernández, M. C.-M.-A. (2005). Producción de las granas de cochinilla (*Dactylopius coccus* costa) en plantas de nopal. *Agrociencia*, Vol. 32, pp:161-171.

Stinzinger-Florian, C. F. (2006). *Nutritional and medicinal use of Cactus pear (Opuntia spp.) cladodes and fruits*. *Frontiers in Bioscience*, 11. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16720335>

Sudzuki, F. (1999). Anatomía y Morfología. En *Agroecología, cultivos y usos del nopal* (págs. 29-36). Roma: Barbera.

Tenorio, L. A. (2006). *SciELO., Revista Científica., Arch. Cardiol. Méx. vol.76 supl.4 México. Los flavonoides y el sistema cardiovascular: ¿Pueden ser una alternativa terapéutica?. Departamento de Farmacología. INCICH*. Obtenido

de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402006000800004

Tesoriere, L. B. (2005). *Supplementation with cactus pear (Opuntia ficus indica) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C*. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15277160>

Thomas, P. E. (1994). *Opportunities in the nutrition and food sciences*. Washington D.C, EEUU: National Academy Press.

Torres, L. M. (05 de 07 de 2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Scielo, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.*, 2-6. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500018&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Trueba, .. (2003). *Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes*. *Scielo, Revista cubana de investigaciones Biomedicas, Vol 22, PP: 6-9, Ciudad de la Habana*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002003000100007&script=sci_arttext&tlng=pt

Vaso, C. R.-E. (2008). *Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador*. *Department of Food Science and Biotechnology, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608005062>

Velasquez, E. (1998). *El nopal y su historia*. Mexico: Clio.

Yaselga Quiguango., W. K. (2011). *Utilización de la penca del nopal (Opuntia ficus indica) para la elaboración de jugos*. (Tesis de grado), *Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria y Ambientales, Ibarra, Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/379>

Zamora, J. (2007). *Antioxidante micronutrientes en lucha por la salud*. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(1). Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-

Zavaleta, J. &. (2011). *Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides*. (Tesis de maestría), *Centro de Investigación en Bioquímica y Nutrición de la Facultad de Medicina Humana, USMP*. Obtenido de http://www.revistasacademicas.usmp.edu.pe/_uploads/articulos/f1a59-18-capacidad-antioxidante-y-principales-acidos-fenolicos-y-flavonoides-de-algunos-alimentos.pdf

Anexos:



Anexo1: Selección de los cladodios de nopal



Anexo 2: Lavado y despinzado del cladodio del nopal.



Anexo 3: Trozado y disminución del mucilago.



Anexo 4: Secado del nopal para proceder a realizar la extracción.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOTECNOLÓGICAS DEL
ECUADOR

INFORME FINAL

Guayaquil, 26 de septiembre de 2016

El Sr. Samuel Pérez Encalada mediante un acuerdo de investigación participativa, solicitó la determinación cuantitativa de actividad antioxidante y contenido de flavonoides del cladodio de *Opuntia ficus*.

GUAYAQUIL:
Campus "Gustavo Galindo"
Km. 30.5 Vía Perimetral
Casilla: 09-01-5863

TELÉFONOS:
PBX: (593-4) 2269 269
Teléfonos: 2851 094
2854 560 - 2854 518
2854 486

Campus "Las Peñas"
Malecón 100 y Loja
Peñas Administr. 2081 071

QUITO:
Av. 6 de Diciembre N-33-55
y Eloy Alfaro Edif. Torre
Blanca, Piso N°2
Casilla 17-01-1076

TELÉFONOS:
PBX: (593-2) 2521 408
2561 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

FICHA TÉCNICA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS LABORATORIO BIOPRODUCTOS CIBE-ESPOL			
DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA			
DATOS DEL CLIENTE	Nombre:	Samuel Pérez Encalada	
	Solicitado por:	Samuel Pérez Encalada	
MUESTRA 1	Tipo:	Vegetal (cladodio)	
	Cantidad:	01 cladodio	
MUESTREO	Realizado por:	El cliente	
	Lugar:	Ecuador	
REQUERIMIENTO	Determinación actividad antioxidante y contenido de flavonoides		
LUGAR Y FECHA	Guayaquil	Recepción:	18/08/2016
	18/08/2016	Inicio de	19/08/2016
		Análisis:	



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOTECNOLÓGICAS DEL ECUADOR

1. Condiciones de análisis

En la Tabla 1 se detallan las condiciones existentes en el laboratorio durante el desarrollo del análisis.

Temperatura (°C)	25
Humedad (%)	56

QUAYAGUIL:
"Cayo Galindo"
Vía Perimetral
Ita. 09-01-5863

TELÉFONOS:
(593-4) 2269 269
éfonos: 2851 094
54 560 - 2854 518
2854 486

campus "Las Peñas"
Mulerón 100 y Loja
& Administ. 2081 071

QUITO:
De Diciembre N 33-55
Eloy Alfaro Edif. Torre
Blanca, Piso 9º
Casilla 17-01-1076

TELÉFONOS:
FAX: (593-2) 2521 808
2061 199 - 2527 986

www.espol.edu.ec

2. Resultados

2.1 Actividad antioxidante

La cuantificación de actividad antioxidante fue evaluada mediante el ensayo de decoloración del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) de acuerdo al método descrito por Ebada et al. (2008).

El extracto de *Opuntia ficus* (Nopal) obtenido en metanol-agua 1:1, presenta una actividad inhibitoria al radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) de 64.90 ± 0.51 %. El ensayo se realizó a una concentración de 20 mg/mL.

2.2 Contenido de flavonoides totales

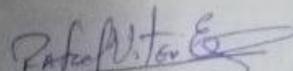
El contenido de flavonoides totales fue evaluada mediante el método colorimétrico de cloruro de aluminio descrito por Min et al. (2011).

El extracto de *Opuntia ficus* obtenido en metanol-agua 1:1, presenta 1.50 ± 0.67 mg de *EQ/g de muestra seca.

3. Observaciones

- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la muestra recibida por el laboratorio.
- *EQ: Equivalentes de quercetina
- Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.

Atentamente,


Rafael Yiteri, M.Sc.
Laboratorio (e)

