



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE  
EXTRACTOS METANÓLICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA  
Y PULPA DE CAPULÍ (*Prunus serotina* var. *salicifolia*)  
PROVENIENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO**

**TRABAJO DESCRIPTIVO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**AUTORA**

**FREIRE YAGUAL EVELYN MICHELLE**

**TUTOR**

**ING. LUIS CALLE MENDOZA, M.Sc.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2020**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, ING. LUIS CALLE MENDOZA, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS METANÓLICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA Y PULPA DE CAPULÍ (*Prunus serotina* var. *salicifolia*) PROVENIENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO", realizado por la estudiante EVELYN MICHELLE FREIRE YAGUAL; con cédula de identidad N° 092299241-7 de la carrera INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. LUIS CALLE MENDOZA

Guayaquil, 20 de agosto del 2020



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS METANÓLICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA Y PULPA DE CAPULÍ (*Prunus serótina* var. *salicifolia*) PROVENIENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO", realizado por la estudiante FREIRE YAGUAL EVELYN MICHELLE, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

  
 Ing. Luis Calle Mendoza  
**PRESIDENTE**

  
 Dra. Támara Borodulina M.Sc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

  
 Ing. Daniel Borbor Suarez  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

  
 Ing. Cecilia Aguayo Santistevan  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 20 de septiembre del 2020

## **Dedicatoria**

El presente Trabajo va dirigido:

A Dios...

Dedico este trabajo principalmente a Dios por su infinito amor, por darme salud y fortaleza para seguir adelante y no rendirme en el transcurso de mis metas.

A mis padres...

Por todo el esfuerzo, apoyo, confianza además del amor que me brindaron todo aquello ayudo para lograr mis objetivos.

Evelyn Yagual y Luis Freire

A mis compañeros y Profesores...

Con quienes he pasado cada etapa de este proceso de formación profesional y a los docentes de la Universidad Agraria del Ecuador por su arduo trabajo como formadores de carácter y criterio.

## **Agradecimiento**

Quiero comenzar agradeciendo a aquellas personas que estuvieron apoyándome en el camino hacia este pequeño éxito de mi presente vida; a mis padres por sus consejos y palabras de aliento que me ayudaron a crecer como persona y a mis tíos, ellos nunca dudaron de mí, siempre demostrándome y dándome una motivación para seguir adelante, siempre repitiéndome que no me rindiera que después del largo camino siempre hay algo mejor esperando. Muchas gracias a todos.

### Autorización de Autoría Intelectual

Yo Evelyn Michelle Freire Yagual en calidad de autora del proyecto realizado, sobre **"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS METANÓLICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA Y PULPA DE CAPULÍ (*Prunus serotina* var. *salicifolia*) PROVENIENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO."** para optar el título de **Ingeniera Agrícola Mención Agroindustrial**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 20 agosto del 2020



Evelyn Michelle Freire Yagual

C.I. 0922992417

## Índice general

Portada .....	1
Aprobación Del Tutor .....	2
Aprobación Del Tribunal De Sustentación .....	3
Dedicatoria .....	4
Agradecimiento .....	5
Autorización de Autoría Intelectual .....	6
Índice general .....	7
Índice de tablas .....	12
Índice de figuras .....	13
Resumen.....	15
Abstract .....	16
1. Introducción .....	17
1.1 Antecedentes del problema.....	17
1.2 Planteamiento y formulación del problema .....	17
1.2.1 Planteamiento del problema .....	17
1.2.2 Formulación del problema .....	19
1.3 Justificación de la investigación.....	19
1.4 Delimitación de la investigación .....	20
1.5 Objetivo general .....	20
1.6 Objetivos específicos .....	20
1.7 Hipótesis.....	21
2. Marco teórico .....	22
2.1 Estado del arte .....	22
2.2 Bases teóricas.....	24

<b>2.2.1 El capulí (<i>Prunus serotina</i> var. <i>salicifolia</i>)</b> .....	<b>24</b>
2.2.1.1 Definición.....	24
2.2.1.2 Taxonomía.....	25
2.2.1.3 Origen .....	25
2.2.1.4 Variedades.....	26
2.2.1.5 Producción .....	27
2.2.1.6 Principios activos de la planta .....	27
2.2.1.7 Composición del capulí.....	27
2.2.1.8 Usos agroindustriales y medicinales .....	29
2.2.1.9 Beneficios asociados al consumo de capulí.....	30
2.2.2 Radicales libres.....	31
2.2.3 Estrés oxidativo .....	32
2.2.3.1 Enfermedades derivadas del estrés oxidativo .....	32
2.2.4 Alimentos funcionales .....	33
2.2.4.1 Beneficios asociados al consumo de alimentos funcionales.....	33
2.2.5 Antioxidantes .....	34
2.2.5.1 Antioxidantes naturales.....	34
2.2.5.2 Función de los antioxidantes en la salud.....	35
2.2.6 Actividad antioxidantes.....	36
2.2.6.1 Mecanismos antioxidantes.....	36
2.2.7 Polifenoles.....	36
2.2.7.1 Polifenoles en alimentos .....	37
2.2.8 Obtención de extractos .....	37
2.2.8.1 Extracto metanólicos.....	37
2.2.8.2 Solventes orgánicos .....	38

2.2.8.3 Factores a considerar para elegir un solvente.....	39
2.2.8.4 Solvente metanólico .....	40
2.2.9 Determinación de polifenoles totales .....	40
2.2.9.1 Ácido gálico.....	41
2.2.9.2 Método de Folin-Ciocalteu .....	41
2.2.10 Método DPPH .....	42
2.2.10.1 Ensayo del método DPPH .....	42
2.2.11 Método de cromatografía líquida acoplada a la espectrofotometría de masas de alta resolución (LC-MS).....	43
2.2.11.1 Aplicaciones de la cromatografía líquida.....	44
2.2.11.2 Solventes en fase móvil.....	44
2.2.11.3 Gradiente de elución.....	45
2.2.11.4 Integración del área del pico cromatográfico .....	46
2.3 Marco legal .....	46
3. Materiales y métodos.....	49
3.1 Enfoque de la investigación .....	49
3.1.1 Tipo de investigación .....	49
3.1.2 Diseño de investigación .....	49
3.2 Metodología.....	49
3.2.1 Variables.....	49
3.2.1.1 Variable independiente .....	49
3.2.1.2 Variable dependiente .....	49
3.2.2 Recolección de datos .....	50
3.2.2.1 Recursos .....	50
3.2.2.1.1 Recursos bibliográficos .....	50

3.2.2.1.2 <i>Materia prima e insumos</i> .....	51
3.2.2.1.3 <i>Materiales</i> .....	51
3.2.2.1.4 <i>Equipos</i> .....	51
3.2.2.1.5 <i>Reactivos</i> .....	51
3.2.2.2 <i>Métodos y técnicas</i> .....	52
3.2.2.2.1 <i>Diagrama de flujo para la elaboración del pretratamiento en la cáscara de capulí</i> .....	52
3.2.2.2.2 <i>Descripción para el pretratamiento de la cáscara de capulí</i> .....	52
3.2.2.2.3 <i>Diagrama de flujo para la elaboración del pretratamiento en la pulpa de capulí</i> .....	54
3.2.2.2.4 <i>Descripción para el pretratamiento de la pulpa de capulí</i> .....	55
3.2.2.2.5 <i>Descripción para obtención del extracto de capulí</i> .....	56
3.2.2.3 <i>Método</i> .....	57
3.2.2.3.1 <i>Determinación de potencial antioxidante</i> .....	57
3.2.2.3.2 <i>Determinación de polifenoles totales</i> .....	58
3.2.2.3.3 <i>Caracterización mediante cromatografía</i> .....	59
3.2.3 <i>Análisis estadístico</i> .....	59
4. <i>Resultados</i> .....	60
4.1 <i>Obtención de extractos de cáscara y pulpa de capulí mediante uso de metanol como solvente orgánico.</i> .....	60
4.2 <i>Potencial antioxidante de los extractos</i> .....	61
4.2.1 <i>Capacidad antioxidante del extracto de la Pulpa de capulí</i> .....	61
4.2.2 <i>Capacidad antioxidante del extracto de Cáscara de capulí</i> .....	62
4.2.3 <i>Coeficiente de inhibición</i> .....	62
4.3 <i>Polifenoles totales presentes en extractos metanólicos de capulí</i> .....	63

<b>4.4 Compuestos antioxidantes presentes en extractos metanólicos de capulí</b>	<b>65</b>
.....	
<b>4.4.1 Compuestos antioxidantes presentes en la cáscara de capulí</b>	<b>66</b>
<b>4.4.2 Compuestos antioxidantes presentes en la pulpa de capulí</b>	<b>68</b>
<b>5. Discusión</b>	<b>70</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>72</b>
<b>7. Recomendaciones</b>	<b>73</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>74</b>
<b>9. Anexos</b>	<b>85</b>
<b>9.1 Anexo 1. Generalidades del capulí</b>	<b>85</b>
<b>9.2 Anexo 2. Antioxidantes</b>	<b>88</b>
<b>9.3 Anexo 3 Técnicas de análisis de antioxidantes</b>	<b>90</b>
<b>9.4 Anexo 4. Análisis del potencial antioxidante de la pulpa de capulí</b>	<b>91</b>
<b>9.5 Anexo 5. Análisis del potencial antioxidante de la cáscara de capulí</b>	<b>92</b>
<b>9.6 Anexo 6. Picos de cromatografía de la cáscara de capulí</b>	<b>93</b>
<b>9.7 Anexo 7. Picos de cromatografía de la pulpa de capulí</b>	<b>97</b>

**Índice de tablas**

Tabla 1. Característica del fruto <i>Prunus serotina</i> var. <i>salicifolia</i> "Capulí" .....	24
Tabla 2. Clasificación botánica .....	25
Tabla 3. Comparación de composición química de capulí, cereza y uva.....	28
Tabla 4. Análisis bromatológico del capulí .....	29
Tabla 5. Fuente de Radicales libres.....	32
Tabla 6. Antioxidantes de origen natural .....	35
Tabla 7. Viscosidad de solventes.....	39
Tabla 8. Características del metanol.....	40
Tabla 9. Capacidad antioxidante y cuantificación de polifenoles totales. ....	50
Tabla 10. Obtención y acondicionamiento de la muestra .....	60
Tabla 11. Extracto metanólico de cáscara y pulpa de capulí.....	61
Tabla 12. Absorbancia de la pulpa y la cáscara de capulí.....	61
Tabla 13. Actividad antioxidante de cáscara y pulpa de capulí. ....	62
Tabla 14. Polifenoles totales en muestra de capulí .....	63
Tabla 15. Curva de calibración para polifenoles totales .....	64
Tabla 16. Condiciones cromatográficas .....	66
Tabla 17. Gradiente de elución .....	66
Tabla 18. Antioxidantes identificados en la cáscara de capulí.....	67
Tabla 19. Antioxidantes identificados en la pulpa de capulí .....	68

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo para pretratamiento en cáscara de capulí .....	52
Figura 2. Diagrama de flujo para pretratamiento en pulpa de capulí. ....	54
Figura 3 . Diagrama de flujo para obtención de extracto de capulí .....	56
Figura 4. Relación del IC50 con el porcentaje de inhibición del radical DPPH. 63	
Figura 5. Cuantificación de polifenoles totales .....	64
Figura 6. Curva de cuantificación de polifenoles totales.....	65
Figura 7. <i>Prunus serotina var. salicifolia</i> .....	85
Figura 8. Exocarpo y mesocarpo del capulí. ....	85
Figura 9. Ocurrencia de <i>Prunus serotina var. Salicifolia</i> .....	86
Figura 10. Registros georreferenciados de <i>Prunus serotina var. salicifolia koehne</i> .....	86
Figura 11. Hojas y flores de <i>Prunus serotina subsp. capulí (Cav.) McVaugh</i> . .	87
Figura 12. <i>Prunus serotina subsp. capulí</i> en Ecuador .....	87
Figura 13. <i>Prunus serotina</i> Ehrh. ....	88
Figura 14. Mecanismo de actividad antioxidante.....	88
Figura 15. Estructura química del grupo fenol.....	89
Figura 16. Estructura del metanol y el agua. ....	89
Figura 17. Ácido gálico. ....	89
Figura 18. Mecanismo de acción del reactivo Folin-Ciocalteu.....	90
Figura 19. Reacción del radical DPPH .....	90
Figura 20. Análisis del potencial antioxidante de extractos metanólicos en la pulpa de capulí.....	91
Figura 21. Análisis del potencial antioxidante de extractos metanólicos en la cáscara de capulí.....	92

Figura 22. Espectrofotometría de masas aplicada a la cáscara de capulí .....	93
Figura 23. Pico cromatográfico de ácido ferúlico y ácido cafeico en muestra de extracto metanólico de cáscara de capulí .....	94
Figura 24. Pico cromatográfico de catequina y cianidina en muestra de extracto metanólico de cáscara de capulí .....	95
Figura 25. Pico cromatográfico de betacaroteno y ubiquinona de la cáscara de capulí .....	96
Figura 26. Espectrofotometría de masas aplicada a la pulpa de capulí .....	97
Figura 27. Pico cromatográfico de ácido cafeico y procianidina en muestra de extracto metanólico de pulpa de capulí. ....	98
Figura 28. Pico cromatográfico de catequina y cianidina en muestra de extracto metanólico de pulpa de capulí.....	99
Figura 29. Pico cromatográfico de betacaroteno y ubiquinona en muestra de extracto metanólico de pulpa de capulí. ....	100

## Resumen

El desarrollo del proyecto consistió en la evaluación del potencial antioxidante de los extractos metanólicos obtenidos a partir de la pulpa y cáscara del capulí *Prunus serotina* var. *salicifolia* proveniente de la ciudad de Ambato. Para ello se usó una investigación de tipo descriptiva, en donde los análisis de laboratorio se basaron en medir la actividad antioxidante en la cáscara y pulpa por medio del método DPPH. Cabe mencionar que la absorbancia fue medida por espectrofotometría con una longitud aproximada de 515 nm, la cual dio como resultado que el porcentaje en la captación de radicales libres en la cáscara fue del 97,02% y en la pulpa fue del 27,17%. Conjuntamente se determinó el coeficiente de inhibición (IC50) en la cáscara cuyo valor fue de 333,0 mg/100g y la muestra de pulpa obtuvo una concentración de 581,40 mg/100g, llegando a concluir que a menores valores de IC50, mayor es la capacidad antioxidante. Se cuantificó los polifenoles totales presentes en extractos metanólicos mediante la técnica de espectrofotometría Folin-Ciocalteu identificando una concentración de 2003,20 mgGAE/100g en la cáscara y de 144,86 mgGAE/100g en la pulpa. Entre los compuestos antioxidantes presentes en extractos metanólicos de la pulpa y la cáscara se identificó ácido cafeico, cianidina, catequina, ubiquinona y betacaroteno. La diferencia entre los extractos estuvo marcada en que se identificó procianidina en la pulpa y ácido ferúlico en la cáscara, llegando a la conclusión de que esta es una fruta con un alto poder antioxidante capaz de reducir la acción del radical DPPH.

**Palabras clave:** capulí, cáscara, polifenoles, pulpa, antioxidante.

### Abstract

The development of the research consisted in evaluation in the antioxidant potential of methanolic extracts obtained from the pulp and shell of the *Prunus serotina* var. *salicifolia* come from the city of Ambato. For this, a descriptive research was used, where the laboratory analyzes were based on measurement of antioxidant activity in the shell and pulp using the DPPH method. It is worth mentioning that the absorbance was measured by spectrophotometry with an approximate length of 515 nm, which results in the percentage of free radical uptake in the shell being 97,02% and in the pulp was 27,17%, together the inhibition coefficient (IC50) was determined in the shell, whose value was 333,0 mg/100g and the pulp sample obtained a concentration of 581,40 mg/100g, concluding that the lower the IC50 values, the greater is the antioxidant capacity. Total polyphenols present in methanolic extracts were quantified using the Folin-Ciocalteu spectrophotometry technique, identifying a concentration of 2003,20 mgGAE/100g in the shell and 144,86 mgGAE/100g in the pulp. Among the antioxidant compounds present in methanolic extracts of the pulp and shell, caffeic acid, cyanidine, catechin, ubiquinone and beta-carotene were identified. The difference between the extracts was marked in that procyanidin in the pulp and ferulic acid in the peel were identified, concluding that this is a fruit with a high antioxidant power capable of reducing the action of the DPPH radical.

**Keywords:** capulí, shell, polyphenols, pulp, antioxidant.

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes del problema

Alvarado et al. (2018), en su estudio realizaron capulí microencapsulado secado por aspersión con mezcla de maltodextrina y almidón de chinchayote proveniente de la ciudad de México. El propósito de la investigación fue demostrar las propiedades fisicoquímicas de un extracto acuoso y su posterior proceso de microencapsulación como una técnica de protección para los componentes bioactivos y la extracción de polifenoles en el fruto capulín.

Arbildo y Campos (2014), midieron la capacidad antioxidante atrapadora de radicales libres DPPH acondicionando soluciones metanólicas de concentraciones de 1 mg/mL en hojas y mesocarpio de capulí "*Prunus serotina*" provenientes de la Región Cajamarca cuya intención principal fue evaluar el potencial antioxidante del extracto metanólico cotejando los resultados obtenidos entre hojas y mesocarpio de Capulí.

Sánchez, Murillo y Méndez (2010), analizaron las propiedades antioxidantes en extractos etanólicos en residuos agroindustriales en mora de castilla (*Rubus glaucus*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) provenientes de Tolima. El objetivo de la investigación fue determinar mediante la capacidad antiradical (ABTS y DPPH) la actividad antinitrosativa, la capacidad antioxidante total hidrosoluble y el poder reductor férrico.

### 1.2 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.2.1 Planteamiento del problema

*Prunus serotina subsp. capulí* es una especie silvestre que se encuentra en el continente americano y en el callejón interandino ecuatoriano. Existe escasa información acerca del potencial económico en las industrias ya sean madereras,

medicinales o alimenticias, así como la historia de las diversas especies y el cultivo del capulí en el país.

Se llega a pensar que *P. serotina* y *P. salicifolia* son exactamente el mismo fruto, pero llegan a tener diferencias significativas en tamaño, sabor y color; los frutos de *P. serotina* de América del Norte tienen un grosor aproximado de 6 a 10 mm, poco carnosos y ausentes de valor comercial; mientras que las variedades cultivadas en América Central y Sudamérica poco conocidas como *P. salicifolia* se caracterizan por sus frutos de un diámetro aproximado entre 2 a 3.5 cm, además de ser carnosos y de agradable sabor, e incluso en algunos casos agridulces de pulpa verdosa.

En Ecuador, *Prunus serotina* var. *salicifolia* (Kunth) Koehne es una especie que se puede explotar al máximo debido a sus diversos usos ya que de él se puede aprovechar las hojas, los frutos, semillas y la corteza para distintas aplicaciones. A pesar de su importancia cultural y comercial, pocas investigaciones se han ejecutado, por lo que la falta de estudios e información limita su explotación.

Mendoza et al. (2017), comentan en su artículo titulado “Alimentos funcionales de la región del Altiplano y su capacidad antioxidante” que desde hace tiempos remotos se menciona el capulí como un preventivo a enfermedades respiratorias e incluso diarreicas, debido a su contenido de compuestos fenólicos entre los cuales se encuentran los flavonoides y taninos, cuyas características o potenciales antioxidantes y antibacterianas son conocidas.

Valenzuela y Pérez (2016), afirman que en el caso del deterioro de la carne por oxidación, se produce por la estabilidad de sus lípidos y proteínas puesto que dependen del balance entre los antioxidantes musculares y los componentes pro-oxidantes. Normalmente el daño oxidativo de las carnes se previenen mediante

métodos de conservación como las tecnologías de refrigeración, aunque se puede implementar el uso de agentes antioxidantes para evitar el deterioro del color y en aceites la peroxidación lipídica.

Existen diversos métodos para evaluar o medir el potencial antioxidante, como por ejemplo la determinación de este mediante sustancias cromógenas de naturaleza radical, debido a que la pérdida del color se da proporcionalmente a la concentración. Kuskoski et al. (2005), comentan que entre estos métodos se encuentran (ABTS, DPPH, DMPO y FRAP) utilizados principalmente para la determinación de compuestos fenólicos; entre los cuatro previamente mencionados los más utilizados son ABTS y DPPH puesto que estos dan una mejor estabilidad en ciertas condiciones.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Existirá capacidad antioxidante significativa en la cáscara y la pulpa de capulí (*Prunus serotina* var. *salicifolia*)?

### **1.3 Justificación de la investigación**

Recientemente se está estudiando la capacidad antioxidante de extractos de frutas para poder ser aplicados en las industrias agroalimentarias como alimentos funcionales, además de ayudar a prolongar la vida útil de productos cárnicos y al mejoramiento de la salud (Aranceta et al. 2011; Céspedes y Sánchez, 2000).

El por qué se realiza el proyecto es debido a que se hace con fines informativos, puesto que no se encuentran investigaciones científicas acerca de la especie *Prunus serotina* var. *salicifolia* o cereza silvestre, una especie de cereza subtropical que se encuentra relacionada con el cerezo negro americano *Prunus serotina* Ehrh. El capulí tiene un sinnúmero de propiedades benéficas ya que del mismo se aprovecha el fruto, las hojas, las semillas y la corteza para distintos

fines, de esta manera con la información obtenida se podría demostrar que con las propiedades de esta fruta se incentivaría al desarrollo de productos a base de capulí puesto que no existen en el mercado.

Estudios similares de la especie *Prunus serotina* conocido como capulín o cerezo negro han demostrado que tiene una gran capacidad antioxidante, la cual se puede utilizar para la creación de alimentos funcionales como materia prima, ya que esta capacidad antioxidante ayuda a prevenir enfermedades producidas por el estrés oxidativo producto del desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes. Además, todo esto ayuda al mantenimiento de la salud y hacerle frente a las enfermedades degenerativas como el asma, diabetes, daño hepático, entre otras.

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

- **Espacio:** El proyecto se ejecutó en laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias de la ciudad de Guayaquil.
- **Tiempo:** Tuvo una duración de 6 meses.
- **Población:** La investigación estuvo dirigida al público en general. El fruto “Capulí” *Prunus serotina* var. *salicifolia* fue adquirido en el Mercado de Transferencia de Víveres en Montebello.

#### **1.5 Objetivo general**

Evaluar el potencial antioxidante de extractos metanólicos obtenido a partir de la pulpa y cáscara del capulí *Prunus serotina* var. *salicifolia* proveniente de la ciudad de Ambato.

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Obtener extractos de cáscara y pulpa de capulí mediante el uso de metanol como solvente orgánico.

- Determinar el potencial antioxidante de los extractos obtenidos por medio del método DPPH.
- Cuantificar los polifenoles totales presentes en extractos metanólicos de capulí mediante espectrofotometría ultravioleta-visible.
- Caracterizar compuestos antioxidantes presentes en extractos metanólicos de capulí mediante full scan en cromatografía líquida acoplada a espectrofotometría de masas de alta resolución (LC - MS).

### **1.7 Hipótesis**

Los extractos metanólicos de cáscara y pulpa de capulí (*Prunus serotina* var. *salicifolia*) tendrán una alta actividad antioxidante.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Estado del arte

Hernández et al. (2018), examinaron la capacidad antioxidante de frutos de capulín (*Prunus serotina* subsp. *capulí* (Cav.) McVaugh) a distintos estados de maduración. Los resultados fueron expresados en términos del mayor contenido de antocianinas en mg de cianidina-3-O-glucósido mientras que la capacidad antioxidante fue de 63.7 mg eq trolox/100g de muestra en la tercera etapa de maduración, a partir de la cuarta a quinta etapa de maduración disminuyó significativamente a 32.7 mg eq trolox/100g de muestra.

Hurtado y Pérez (2014), por medio la cáscara de *Prunus serótina* spp. *capulí* procedente de Colombia aislaron por maceración en solvente metanol-ácido y con el uso de espectrofotometría de masas para determinar pigmentos mayoritarios presentes. Teniendo como resultado la capacidad antioxidante del extracto crudo del capulí  $100.5 \pm 4.3$   $\mu\text{mol}$  Trolox/g en cáscara y el análisis de los polifenoles totales de los extractos fue de  $1382.5 \pm 165$  mg de ácido gálico (GAE)/100 g de cáscara para el extracto crudo fue de (242 mg GAE/100 g de fruta) y de  $8099.4 \pm 81$  mg GAE/100 g de cáscara para el extracto rico en antocianinas (1417.4 mg GAE/100 g de fruta); además del uso de espectrofotometría de masas y Resonancia Magnética Nuclear, se determinaron como pigmentos mayoritarios la Cianidina-3-O-(6-O- $\alpha$ -ramnopiranosil)- $\beta$ -glucopiranosido y la Cianidina-3-O- $\beta$ -glucopiranosido.

Repo y Encina (2008), determinaron la capacidad antioxidante de compuestos bioactivos de frutas peruanas nativas mediante DPPH y ABTS. Los resultados fueron en papaya de monte ( $1936 \pm 228$  mg eq trolox/g de tejido y  $167 \pm 0,3$  mg GAE/100 g muestra); seguido por tomate de árbol ( $853 \pm 52$  g eq trolox/g de tejido

y  $130 \pm 0,8$  mg GAE/100 g muestra); el aguaymanto ( $729 \pm 98$  g eq trolox/g de tejido y  $154 \pm 3$  mg GAE/100 g muestra) y por último la tuna roja ( $482 \pm 35$  g eq trolox/g de tejido y  $52 \pm 5$  mg GAE/100 g muestra).

Vasco et al. (2008), analizaron el contenido total de compuestos fenólicos solubles y capacidad antioxidante por medio de DPPH, ABTS y FRAP, en maracuyá, mora andina y cáscara de capulí; con concentraciones de 1010, 2167 y 1494 mg de GAE/100g de muestra respectivamente y un total de 2433 compuestos fenólicos que fueron cuantificados e identificados, con 89 correspondientes a los glucósidos de cianidina, mientras que la mayoría corresponden a catequina, epicatequina dimérica, proantocianidinas triméricas y glucósidos de quercetina.

Villarroel y Galia (2008), estudiaron la capacidad antioxidante y polifenoles totales de extractos etanólicos, acuosos y de hexano a partir de guinda (*Prunus capulí*) procedente de Perú. La medición fue realizada mediante espectrofotometría a 515 nm y 765 nm para actividad antioxidante y polifenoles totales respectivamente, con tratamientos de poder antioxidante de etanol 1:1 en 90 minutos con un valor de 12,25 AOA mg-eq-trolox/g; seguido por etanol relación 1:1 a 60 minutos con valores de 11,5 AOA mg-eq-trolox/g de la muestra, dando como resultado que el mejor solvente para la extracción de polifenoles totales es el etanol; demostrando así que el capulí posee una gran fuente de antioxidantes naturales.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 El capulí (*Prunus serotina* var. *salicifolia*)

#### 2.2.1.1 Definición

El capulí es una cereza verdadera en forma de baya con pulpa carnosa de color verde, su sabor agridulce e incluso produce astringencia en la boca además es de tamaño pequeño, su piel es fina y rojiza casi oscura (figura 7 y 8), cuenta con una semilla en su interior de textura rugosa no comestible de un tamaño menor al de la cereza común.

**Tabla 1. Característica del fruto *Prunus serotina* var. *salicifolia* “Capulí”**

Características	Descripción
Color	Cáscara rojiza, pulpa verdosa
Sabor	Agridulce, astringente
Olor	Característico del mismo
Textura	Lisa
Semilla	Rugosa

Características de Capulí.  
Freire, 2019.

Petitpierre et al. (2009), comenta que el árbol de *P. serotina* tiene una gran tolerancia a situaciones de alta humedad, *P. serotina* es diseminada por semilla ya sea por aves y mamíferos que se alimentan de frutas, así mismo es de reproducción vegetativa eficaz por medio de la aspiración y la germinación. Si se exponen adecuadamente a la luz, los árboles proliferan abundantes cantidades de semillas hasta 10,000 por árbol en poblaciones ocupantes; después de un aproximado de siete años de edad.

### 2.2.1.2 Taxonomía

**Tabla 2. Clasificación botánica**

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>Orden</b>	<i>Rosales</i>
<b>Familia</b>	<i>Rosaceae (Rosáceas)</i>
<b>Subfamilia</b>	<i>Prunoideae</i>
<b>Género</b>	<i>Prunus</i>
<b>Epíteto específico</b>	<i>Prunus serotina</i>
<b>Especie</b>	<i>P. serotina var. salicifolia</i>

Tabla de clasificación botánica de *Prunus serotina var. salicifolia*.  
Baldeón et al. 2013.

El capulí es un árbol o arbusto monopódico, su identidad es: *P. capulí Cav.*; *P. salicifolia Kunth*; *P. capulín*; *P. serotina var. salicifolia (Kunth) Koehne*.

**Nombres comunes:** Cerezo criollo (Colombia), Guinda (Perú), Capulí chaucha (Castellano - kichwa), Capulín (Salvador), Cereza salvaje (Guatemala), Capulí (Ecuador) (Mansfeld & Buthner, 2001).

### 2.2.1.3 Origen

En la opinión de Quispe (2014), el capulí se considera de origen americano aunque probablemente no es un producto andino nativo debido a que el capulí de pronunciación (*Ka-poo-lee*) es una palabra azteca y que los españoles habrían introducido el árbol de México o Centroamérica en los tiempos coloniales, según Baldeón et al. (2013); Félix et al. (2018), afirman que el capulí es una especie domesticada que ha sido extendida por influencia humana que comprende el territorio americano desde el sur de Canadá extendiendo sus cultivos por Guatemala, Colombia, Bolivia e incluso Ecuador así como en otros países de Sur y Centroamérica. El Ministerio de Cultura y Patrimonio (2013), describe que está

planta nativa puede ser encontrada en la Sierra ecuatoriana, especialmente en altitudes que van desde 1.500 hasta los 3.500 m.s.n.m. El capulí da frutos en los meses de enero a marzo cuando el clima se encuentra en condiciones otoñales.

#### **2.2.1.4 Variedades**

Existen una infinidad de variedades de *Prunus serotina* subsp. *capulí* (Cav.) *MCvaugh* (1951), con diversas características morfológicas pero así mismo mencionan que *P. serotina* var. *salicifolia* está ligada con *P. serotina* Ehrh. Los *P. serotina* son denominadas especies exóticas e invasoras que en los últimos años se han considerado un grave problema global, en perspectiva de la conservación de la biodiversidad a nivel local ocupando un 1.4% de la superficie forestal en países como Polonia (Bijak et al. 2014).

*P. serotina* fue descrita por Jakob Friedrich *Ehrhart* y publicado en *Garten kalender*. *P. serotina* var. *salicifolia* es una variedad aceptada según (GBIF, 2011) además de ser un pariente cercano de *P. serotina* Ehrh que se encuentra en los siguientes países demostrando mediante barras su estado de ocurrencia (figura 9).

Según Global Biodiversity Information Facility (2011), ha demostrado mediante coordenadas el área donde se sitúan los datos de ocurrencias de *P. serotina* var. *salicifolia* que engloban los cantones de la Sierra ecuatoriana como Guaranda, Bolívar, Azogues, teniendo a Latacunga y Ambato como el mayor lugar de ocurrencia de esta especie (figura 10).

Se presentan cinco variedades según Wang y Pijut (2014), comentan que se pueden identificar mediante la altura del árbol y el grosor de las hojas: *P. serotina* var. *eximia* pequeña; *P. serotina* var. *rufula* *McVaugh*; *P. serotina* var. *virens*

McVaugh; *P. serotina* var. *salicifolia* (Kunth) Koehne; y *P. serotina* var. *serotina* siendo esta última la variedad más reconocida.

#### **2.2.1.5 Producción**

TecnoAgro (2017), estima que en la actualidad es México el país que tiene mayor producción de capulí con un estimado de 230 toneladas, principalmente en los estados de Veracruz y Puebla encabezando la lista, aportando un 87% en la producción con un aproximado de 199.85 toneladas de un total nacional.

Como menciona El Telégrafo en Ecuador (2016), el árbol de capulí llega a medir hasta 15 metros, da frutos una vez al año a finales de diciembre hasta inicios de marzo. Es una especie longeva que puede llegar a vivir 80 años aproximadamente. Se encuentran plantas esparcidas por toda la serranía ecuatoriana y en donde se da la mayor producción de este fruto es en las provincias del Chimborazo en el cantón Guano, Cotopaxi en el complejo turístico Nagsiche; en Tungurahua es muy común ver estos árboles en los cantones de Tamboloma y Quero, en la comunidad de Andignato y el pueblo de Salasaca.

#### **2.2.1.6 Principios activos de la planta**

Las semillas de capulí contienen sustancias tóxicas que son fácilmente disueltas mediante la saliva mayormente encontrada en las bayas aún poco maduras. Entre estas tóxicas ya documentadas por CITVER (2018), se encuentran cuatro tóxicas nombradas como T-544, T-496, T-514 y T-516; las cuales son responsables de efectos neurológicos, lesiones pulmonares y producción de efectos diarreicos respectivamente.

#### **2.2.1.7 Composición del capulí**

De acuerdo con Ríos y Guerrero (2017), informan que el capulí es una fruta con un alto contenido de nutrientes que se componen esencialmente por agua

(81,18%) y su contenido de vitaminas A y C, fibra, proteínas y minerales tales como calcio, potasio, magnesio y fósforo; así mismo Luna-Vázquez et al. (2013), establece que la composición química del capulí es comparable con la ciruela y uva por tener características similares.

**Tabla 3. Comparación de composición química de capulí, cereza y uva.**

Nombre	Agua %	Grasa total (g)	Fibra diet. total (g)	Vit. C (mg)	Ác. Fólico (mcg)	Vit. B6 (mg)	Vit. B12 (mcg)	Fracción comestible	
Capulín capulina	/	76.30	2.30	–	90	–	0.00	–	0.80
Cereza	86.13	0.30	1.60	10	0	0.04	0.00	0.90	
Cereza silvestre/ capulí	77.20	0.20	–	18	–	–	–	0.80	
Ciruela roja o amarilla	87.23	0.28	1.40	10	0	0.03	0.00	0.94	
Uva silvestre	83.90	0.30	–	6	–	–	–	0.78	

Tabla de composición de alimentos de centroamérica. INCAP, 2012 (INCAP, 2012)

Avendaño et al. (2015), comentan que la corteza, hojas y semillas (figura 11) en contacto con agua deben manipularse con precaución por que liberan ácido cianhídrico o cianuro de hidrógeno, sustancia que puede causar síntomas de envenenamiento si se consume en grandes cantidades. Estas semillas tienen relación con el contenido de glucósidos cianogénicos que citando a Arrázola et al. (2013), nos dicen que estos compuestos son el resultado del metabolismo secundario propio de algunas plantas que se componen de una aglicona que es el compuesto sin azúcares que queda tras reemplazar por un átomo de hidrógeno de un glucósido; y de un azúcar entre este grupo conocido que contienen estos compuestos se hayan las especies del género *Prunus* como lo son las almendras, duraznos, cerezas e incluso el capulí; en el artículo presentado por Avendaño

(2015), estos compuestos estuvieron presentes en 2180 semillas de capulí provenientes de la comunidad Tlaxcala.

**Tabla 4. Análisis bromatológico del capulí**

Alimento	Prunus capulí
Nombre en inglés	Cherry Black
Valor energético	81
Humedad	77,2
Proteína	1,3
Grasa	0,2
Hidratos de carbono	20,7
Fibra	0,6
Ceniza	0,6
Calcio	24
Fósforo	24
Hierro	0,8
Vitamina A	45
Riboflavina	0,04
Tiamina	0,04
Niacina	1,1
ácido ascórbico	18

Análisis bromatológico del capulí.  
Chisaguano, 2012

### **2.2.1.8 Usos agroindustriales y medicinales**

Del capulí se aprovecha la madera, hojas, frutos y semillas; el fruto (figura 12) es muy considerado especialmente como un complemento alimenticio por su cautivante sabor, este se puede consumir crudo, hervido o en conserva como las jaleas o mermeladas y también es empleado para la elaboración de bebidas y con fines medicinales. Todas estas investigaciones son en su mayoría propuestas universitarias para el uso agroindustrial del capulí.

Reporta Guijarro en Quito (2013), la elaboración de licor con sabor a capulí con el uso de las hojas, semilla y pulpa mediante extracto etanólico; los resultados arrojados en la cata fueron en el grupo de mujeres con una aceptabilidad del 80%

con un licor de porosidad 57% y un grado de alcohol de 22,94. Así mismo Navarrete (2017), en Ecuador transformó el capulí sin semilla en mermelada con el uso de ingredientes como vino tinto ecuatoriano “Bruma Cabernet Sauvignon Merlot”, de texturizante le dieron uso al agar-agar y para el endulzante azúcar granulada dándole como valor en dólares para el mercado de 2,43\$ por unidad de 150 g.

El capulí descrito por El Comercio (2015), es usado en la preparación del jucho que es una bebida de origen indígena de tipo colada aromática que es la mezcla de capulíes y duraznos enteros cocidos en almíbar e incorporación de almidones de yuca y maíz; el jucho es consumido en las provincias de Tungurahua, Cotopaxi y Bolívar de entre estas se destaca Chimborazo por tener mayor producción de árboles de capulí.

Con sus flores se obtienen esencias con un alto contenido de ácido málico, tartárico y tánico; este último es un ácido compuesto por glucosa y ácidos fenólicos. Medicinalmente se elabora el jarabe del fruto para afecciones en las vías respiratorias; la destilación del té de las hojas contiene cualidades calmantes, antiespasmódicas y sirve para los dolores de cabeza en palabras de Flores y Vega (2013).

#### ***2.2.1.9 Beneficios asociados al consumo de capulí***

El capulí tiene valor energético debido a su contenido de hidratos de carbono además de ser rico en vitaminas A y C, así como hierro y fósforo. Este fruto se considera antioxidante, diurético y facilitador de la digestión. Para el mayor aprovechamiento del capulí se elabora un jarabe que hace de función el aliviar los problemas respiratorios, las hojas (figura 13) en cocción son para el uso como reductor de fiebre y antidiarreico. Debe recalarse que las hojas deben emplearse

en porciones medidas debido a que contienen sustancias tóxicas, es aplicable en cremas para aliviar las inflamaciones además del uso de la infusión de las hojas como sedante para los cólicos, neuralgia y antiespasmódico (Rodríguez, 2018).

El grupo conformado por Mendoza et al. (2017), pretendieron realizar elaboración de productos alimenticios con capulín para darle un agregado a la fruta entre estos la fabricación de licores y mermeladas cuyo propósito consistió en comprobar las propiedades del capulín, su conservación y potencial durante su procesamiento para la obtención de alimentos funcionales por sus propiedades antioxidantes.

### **2.2.2 Radicales libres**

Se denominan radicales libres a las especies químicas, que en su estructura atómica presentan un electrón impar o ausente. Son pequeñas moléculas ubicuitarias y difusibles producidas por diferentes mecanismos, los cuales poseen una estructura birradicálica son muy reactivos, de vida media corta, debido a que actúan en el sitio en el que se forman además de ser dosificables (Álvarez y Bague, 2011).

Céspedes y Sánchez (2000), denominan a los radicales libres de oxígeno como causantes de daño oxidativo por lo tanto provocadores de diversas enfermedades entre estas cáncer, enfermedades vasculares y cardíacas, diabetes; estos radicales libres son producidos continuamente por reacciones bioquímicas de oxidación-reducción con oxígeno es decir REDOX en el organismo, dando como resultado reacciones inflamatorias producidas por rayos ultravioletas, humo de cigarrillos, contaminación ambiental, entre otros factores.

**Tabla 5. Fuente de Radicales libres.**

<b>Exógenos</b>	<b>Endógenos</b>
Humo del tabaco	Transporte de electrones mitocondrial
Luz ultravioleta	Células fagocíticas
Radiaciones ionizantes	Xantina Oxidasa
Shock térmico	Óxido Nítrico Sintetasa desacoplada
Plaguicidas	Angiotensina
Algunos fármacos	Autooxidación de moléculas
Ozono	Peroxisomas
	Citocromos
	Membranas celulares

Bioquímica del estrés oxidativo.  
Camps et al. 2010

### **2.2.3 Estrés oxidativo**

Según Coronado et al. (2015), el estrés oxidativo es una expresión asociada a las células y a la acción de un radical libre que le perjudica, y en condiciones normales se forma un equilibrio entre la producción de radicales libres u otras especies reactivas con los mecanismos antioxidantes (exógeno y endógeno). Esto permite que la toxicidad por oxidación disminuya y produzca menos daño celular. Cuando el equilibrio se rompe, éste se puede unificar con un déficit en el sistema antioxidante o por la proliferación incontrolada de los radicales libres.

#### **2.2.3.1 Enfermedades derivadas del estrés oxidativo**

Según Finley (2004), anuncia que la ingesta de ácidos grasos *trans* y ácidos grasos saturados excesivos da como resultado la producción de radicales libres, de este modo la ingesta exagerada de azúcares simples resulta en la formación de radicales libres a niveles celulares los cuales podrían derivar a enfermedades como la diabetes y prediabetes, asociados al incremento en procesos inflamatorios del tejido cardiovascular.

Almaguer y Almaguer (2006), indican que el alto incremento de radicales libres tienen lugar en la cadena de transporte electrónica de células del sistema nervioso por su elevada demanda energética, anexada a la carente capacidad antioxidante enzimática y excesivas concentraciones de los compuestos oxidables convierten al estrés oxidativo un fenómeno que propicia a la muerte celular es decir a la ausencia neuronal presente en diversas enfermedades neurodegenerativas.

#### **2.2.4 Alimentos funcionales**

Según Aranceta et al. (2011), los alimentos funcionales tienen origen en Japón en los años 80 por los inspectores del sector público del mismo país, al darse cuenta de que al controlar los gastos en el sector de la salud con alimentos enriquecidos con antioxidantes prolongaba la esperanza de vida en la población anciana garantizando así una mejor calidad de vida.

Un alimento funcional es reconocido cuando de manera significativa afecta benéficamente a una o varias funciones del organismo, además de sus efectos nutricionales propios, de modo que mejoran la salud y disminuye el riesgo de enfermedades. Estos alimentos funcionales no entran en la categoría de fármacos aunque si cuentan con un perfil nutricional atractivo, dirigido para una población o situaciones concretas como la menopausia, personas adultas, embarazos entre otros (Calvo et al. 2012).

##### ***2.2.4.1 Beneficios asociados al consumo de alimentos funcionales***

Las causas de la aparición de los alimentos funcionales son debidas a los hábitos alimentarios, estilos de vida, estado físico y de salud que presentan distintas necesidades en las poblaciones; se citan por Aranceta y Gil (2009), los siguientes:

- Aumento de las enfermedades atópicas.
- Desarrollo tecnológico.
- Mayor relevancia del etiquetado nutricional.
- Prevención de enfermedades.
- Interés creciente por el binomio alimentos/salud.
- Envejecimiento progresivo de la población.

### **2.2.5 Antioxidantes**

Conde et al. (2013), define que un antioxidante es cualquier sustancia que se encuentra presente en concentraciones escasas en comparación con las de un sustrato oxidable como lo son las proteínas, los lípidos o carbohidratos, este pospone o anula significativamente la oxidación de ese sustrato.

En sistemas alimentarios, el vocablo antioxidante es utilizado en la designación de los inhibidores de la peroxidación lipídica, entretanto que en sistemas biológicos usualmente se describe como la protección de proteínas, lípidos y ADN en contraataque al daño oxidativo por procesos o reacciones que implican especies reactivas de nitrógeno y oxígeno (González, Betancourt y Ortiz, 2000).

#### **2.2.5.1 Antioxidantes naturales**

Franco y Moure (2010), indican que los antioxidantes naturales se entienden como productos naturales presente con mayor frecuencia en frutos rojos y vegetales ingeridos en la dieta. Entre los antioxidantes naturales podemos encontrar los polifenoles que son captadores de radicales libres, catequinas en té y proantocianidinas en uvas junto a los carotenos en el licopeno del tomate.

**Tabla 6. Antioxidantes de origen natural**

<b>Antioxidantes naturales</b>		
Carnosina	$\beta$ - caroteno	Ácido tartárico
Ácido cítrico	Carnosol	Ácido rosmarínico
Eugenol	Curcumina	Turmerina
Lecitina	Flavonoides	Esteroles
Ácido fítico	Lignanós	Vitamina E
Proteínas	Ácidos fenólicos	Vitamina C
Saponinas	Hidrolizados de proteínas	Ácido úrico

Tabla de antioxidantes naturales.  
Coronado et al. 2015.

### **2.2.5.2 Función de los antioxidantes en la salud**

Youngson (2003), comenta que los antioxidantes se conocen como una opción positiva e importante en la dieta y para la longevidad debido a estos en el cuerpo reducen la acción de radicales libres, esto puede deberse a que tienen mayor cantidad de enzimas que protegen contra los radicales libres que son provocadores del estrés oxidativo; un desencadenante de múltiples enfermedades a largo plazo.

En la dieta humana contiene antioxidantes naturales que contribuyen a las defensas naturales en el organismo otorgando beneficios por el consumo de dietas ricas en vegetales y frutas que contienen principalmente vitaminas antioxidantes, carotenos y algunos compuestos fenólicos junto con los flavonoides que son caracterizados por poseer actividad anticarcinogénica, antimicrobiana y antiinflamatoria que ayudan al mejoramiento del estado de salud (García F, 2006).

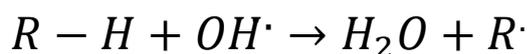
### 2.2.6 Actividad antioxidantes

Franco y Moure (2010), dicen que la capacidad antioxidante se refiere a la constante de velocidad de la reacción entre el antioxidante y la especie oxidante de un radical libre determinado captado por una muestra, siendo el mecanismo básico de la peroxidación lipídica.

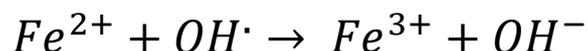
#### 2.2.6.1 Mecanismos antioxidantes

De acuerdo con Nicoli, Toniolo y Anese (2004), la capacidad antioxidante puede demostrarse por medio de 2 vías:

- a) Primero, puede considerarse la entrega de un átomo de hidrógeno por la molécula antioxidante, que da pie a un radical secundario; este puede ser responsable de la difusión de la reacción.



- b) Segundo, implica la transferencia de un electrón resultante de un sustrato limitado a la especie radical oxidante (figura 14).



### 2.2.7 Polifenoles

Larrea (2012), dijo que los fenoles o polifenoles son metabolitos secundarios distribuidos por todo el reino vegetal. Estos se encuentran en toda la planta y a lo largo del ciclo vegetativo su concentración varía; son compuestos que intervienen en diferentes funciones como la síntesis de proteínas, actividad enzimática, asimilación de nutrientes, fotosíntesis y en la defensa de factores ambientales.

Los compuestos polifenólicos en su estructura presentan uno o más anillos de benceno y uno o más grupos hidroxilados, similar a los ésteres, glicósidos, grupos funcionales, ésteres de metilo entre otros (figura 15).

### **2.2.7.1 Polifenoles en alimentos**

Los polifenoles abarcan una variedad de compuestos que se pueden encontrar en frutas, verduras, aceite de oliva extra virgen, vinos, té, entre otros. Las subclases más destacables de polifenoles en una dieta están las flavonas, flavanonas, isoflavonas y antocianinas. Los polifenoles tienen efectos sobre la calidad de los alimentos que los contienen, estos son responsables de las propiedades sensoriales es decir, las antocianinas son pigmentos responsables del color rojo-azulado de muchas frutas como las fresas, uva, ciruelas, etc., las flavanonas responsables del sabor amargo de los cítricos, el eugenol caracteriza el aroma de los plátanos o los taninos que confieren la astringencia a algunas frutas y los flavonoles aportan el color amarillo característico de algunas partes externas de frutas o vegetales (García y Cárdenas, 2016).

### **2.2.8 Obtención de extractos**

La pulpa y cáscara son congeladas y luego molidas mediante una licuadora durante un minuto, luego se homogenizan con 500 mL de agua destilada, etanol (95%), metanol grado analítico o acetona utilizado como solvente. Las muestras se dejan en reposo en oscuridad para posterior ser agitadas durante 24 horas en un agitador orbital. Luego los extractos son filtrados a través de un filtro #1 whatman y finalmente son nuevamente filtrados, congelados y liofilizados almacenándose a -20 °C para su posterior uso (Jiménez, Sánchez y Martínez 2012).

#### **2.2.8.1 Extracto metanólicos**

Los extractos metanólicos según García (2015), se preparan mediante maceración, percolación y evaporación al vacío. Algunos extractos son usados con la ayuda del disolvente metanol por qué es una molécula polar capaz de

extraer de manera eficaz los compuestos deseados ya que es de una molécula pequeño, con punto de ebullición a 65°C para facilitar su eliminación. La purificación los extractos metanólicos son obtenidos mediante extracción en fase sólida; esta fase facilita la preconcentración de la muestra disminuyendo el riesgo de contaminaciones o pérdidas. Como resultado el compuesto a estudiar aparece retenido y las impurezas se extraen de la matriz (Pardo, 2015).

#### **2.2.8.2 Solventes orgánicos**

En comparación con estudios similares el etanol es un solvente apropiado para la determinación de polifenoles totales; sin embargo se estudiará el proceso del solvente metanólico en la medición de polifenoles totales en extractos de capulí. Voet y Voet (2006), mencionan que los solventes miscibles con agua suelen ser buenos precipitantes de las proteínas por sus pocas constantes dieléctricas como lo son la acetona y etanol, reducen el poder de solvatación en soluciones acuosas hacia iones disueltos como las proteínas; los solventes orgánicos tienden a desnaturalizar proteínas.

Marcano y Hasegawa (2002), dicen que la extracción con el uso de solventes orgánicos aumenta las concentraciones de materiales grasos y colorados aunque se arrastran pocos azúcares y sustancias hidrosolubles. Los péptidos y compuestos fenólicos pueden ser divididos por precipitación con tetra-acetato de plomo.

**Tabla 7. Viscosidad de solventes**

<b>Solventes fluidos</b>	
<b>Solventes</b>	<b>cP* a 20° C</b>
Éter de petróleo	1,95
Dioxano	1,15
Cumol	0,86
Xileno	0,56
Metanol	0,52
Cloroformo	0,51
Isooctano	0,45
Acetato de etilo	0,41
Acetato de metilo	0,35
Acetona	0,31
n-hexano	0,30

cP\*: unidad de viscosidad centipoise. Tipos de solventes según su viscosidad. Masschelein, 2004.

### ***2.2.8.3 Factores a considerar para elegir un solvente.***

Según González (2004), para la elección de un solvente en la ejecución de extractos se debe tener en cuenta que el solvente cumpla los siguientes parámetros ya sean estos técnicos y económicos:

- Selectividad
- Estabilidad
- Inercia química
- Temperatura de ebullición (que no sea demasiado alta para evitar su total eliminación).
- Seguridad de manipulación (es decir no inflamable y no tóxico).

Para la preparación de los extractos el solvente metanólico debe cumplir con los siguientes requisitos:

**Tabla 8. Características del metanol**

<b>Metanol</b>	
Características	Valor
Pureza	≥ 99%
Densidad	0,79 g/cm <sup>3</sup> (20°C)
Solubilidad en agua	Soluble (20 °C)
Molaridad	32.04 g/mol
Punto de Fusión	- 98°C
Punto de Ebullición	64.5 °C

Características del metanol.  
Carrión y García, 2010

#### **2.2.8.4 Solvente metanólico**

Francis (2006), dijo que el metanol de igual manera denominado alcohol metílico o alcohol de madera, es el primero de los alcoholes con una estructura química conocida como CH<sub>3</sub>OH. Esta estructura es semejante a la del agua pero con la diferencia del ángulo en el enlace que es C-O-H en metanol con 108 grados, esto significa que es mayor que el agua que tiene 104 grados debido a que los grupos metílicos tiene un átomo de hidrogeno mayor (figura 16).

Entre las propiedades físicas del metanol en condiciones de temperatura y presión normales se puede encontrar que su densidad es de 0.79 kg/l y su punto de fusión y punto de ebullición es de -97°C y 65°C respectivamente. El metanol es un solvente polar que se puede disolver con sustancias iónicas como lo son el cloruro de sodio en apreciables cantidades.

#### **2.2.9 Determinación de polifenoles totales**

Cañibano (2012), explica que el método de Folin-Ciocalteu es una técnica analítica, precisa y sensible basada en la obtención del índice por una medida de

absorbancia, pudiendo este puede presentar variaciones las cuales dependen de la concentración de reactivos y tiempo de reacción. La oxidación de los polifenoles en una muestra, provoca una reacción de coloración azul que representa el máximo de absorbancia a 765 nm por medio de espectrofotometría con una base equivalente de ácido gálico.

Para la determinación el índice de Folin-Ciocalteu de polifenoles totales se emplea la siguiente ecuación:

$$IFC = A_{765} \times 100$$

**Dónde:**

IFC: índice Folin-Ciocalteu

A: Absorbancia a 765 nm

**2.2.9.1 Ácido gálico**

Cofré (2015), indica que el ácido gálico es un ácido fenólico natural, soluble en agua, presente en plantas, frutas y verduras; atribuyéndole efectos biológicos de actividad antiinflamatoria, antioxidante y antibiótica. Es utilizado como estándar en curvas de calibración en la cuantificación de polifenoles totales, es un equivalente, es decir un blanco; por lo general se lee en mg de ácido/100 gr de muestra (figura 17).

**2.2.9.2 Método de Folin-Ciocalteu**

Tal como García, Fernández y Fuentes (2015), anuncian que el ensayo Folin-Ciocalteu es utilizado como una medida para el contenido de compuestos fenólicos totales en productos vegetales. Este es basado en que los compuestos fenólicos reaccionan al reactivo de Folin-Ciocalteu y a un pH básico, dando como resultado una coloración azul con la oxidación de los polifenoles presentes en la

muestra esta es determinada por espectrofotometría a 765 nm con una base patrón de ácido gálico (figura 18 y 19).

### **2.2.10 Método DPPH**

El método de captura del radical DPPH desde hace tiempo es de referencia por muchos autores que realizan adaptaciones del mismo a la matriz alimentaria pero modificando la concentración de DPPH. El 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) es un método que se fundamenta en que el radical tiene un electrón ausente que cambia de color azul-violeta a amarillo pálido por la ausencia de antioxidantes descrito por Ramos et al. (2008), que se exhibe en una fuerte absorbancia a 517 nm según Behrendorff y Vickers, (2013).

#### **2.2.10.1 Ensayo del método DPPH**

Este ensayo es explicado por Tovar (2013), de la siguiente manera indica que la determinación de antioxidantes empleando la técnica DPPH ha sido estructurada de diversas formas por varios autores puesto que estos no utilizan las mismas concentraciones de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo). Se puede considerar que los resultados experimentales son expresados en valor de IC50 el cual depende de la concentración del DPPH y de la naturaleza del compuesto antioxidante; la concentración del IC50 produce una inhibición del 50% de los radicales libres de DPPH.

Dicho por Leos, Rivas, y García (2016), el porcentaje de inhibición del radical DPPH se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Inhibición del DPPH} = \frac{A_{\text{Blanco}} - A_{\text{Muestra}}}{A_{\text{Blanco}}} \times 100$$

**Dónde:**

A: es la absorbancia.

Cuando se haya determinado el porcentaje de inhibición de cada concentración, se realiza una regresión lineal con los valores obtenidos con el empleo de la siguiente ecuación:

$$y = mx + b$$

**Dónde:**

y= Variable dependiente.

m= Pendiente.

x= Variable independiente.

b= Intercepción del eje y.

Según Chisaguano (2012), para el cálculo de IC50 debe reemplazarse, el valor correspondiente al 50% de inhibición del DPPH en el eje «y» y en el eje «x» la concentración de antioxidante necesaria para inhibir en un 50% el DPPH.

Así mismo Jiménez, Sánchez y Martínez (2012), indican que el radical estable presenta una disolución de color violeta oscuro en muestras de café. Cuando se mezcla el radical con la sustancia antioxidante con una captación de radical libre mayor por parte del antioxidante presentará una disminución significativa de la absorbancia inicial del radical DPPH lo que da como resultado una decoloración del color violeta inicial (figura 18), indicando el potencial antioxidante presente en un alimento o extracto a estudiar.

### **2.2.11 Método de cromatografía líquida acoplada a la espectrofotometría de masas de alta resolución (LC-MS)**

La cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas, es una eficaz técnica analítica que contribuye a la selectividad, separación, precisión para determinar masas moleculares junto con la espectrometría de masas que se utiliza como una técnica de detección, cuantificación e identificación de

compuestos orgánicos brindando una información cuantitativa y cualitativa en una muestra. (Ruiz et al. 2016). En la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) los componentes se separan para luego ser procesados por un espectrómetro de masas. Los equipos (LC-MS) tienen dos tipos de interfaces que son la ionización a presión atmosférica (API), electrospray (ESI) e ionización a presión atmosférica química (APCI), las cuales tienen aceptación con los solventes volátiles que se utilizan en la fase móvil del HPLC (Ruiz et al. 2016).

#### ***2.2.11.1 Aplicaciones de la cromatografía líquida***

La cromatografía líquida acoplada a espectrofotometría de masas suele ser aplicada para la separación y purificación de metabolitos, de enantiómeros, compuestos naturales, antioxidantes y polifenoles y se encarga de la caracterización de enzimas, compuestos antioxidantes y proteínas dentro de un alimento además los campos que abarca según Ozores (2019), son:

- Área farmacológica: sedativos, placebos, narcóticos, antibióticos
- Área Bioquímica: carbohidratos, lípidos, aminoácidos
- Área alimentaria: edulcorantes, antioxidantes, aditivos y aflatoxinas.
- Área de contaminantes: compuestos fenólicos, pesticidas, herbicidas.
- Área de química forense: la identificación de drogas, venenos, narcóticos.

#### ***2.2.11.2 Solventes en fase móvil***

La técnica de cromatografía líquida se basa en el fundamento del tamaño de partícula inferior este conlleva una mejor eficacia, además de una óptima separación de compuestos con mayor resolución y precisión. Las cromatografías en columna son gracias a la acción por bombas las cuales hacen pasar los compuestos o analitos en un sistema de disolventes denominados fase móvil;

esta a su vez pasa por medio de una columna cromatográfica la cual cuenta con una fase estacionaria de un flujo específico se logra que la separación de compuestos en una muestra ocurra debido a la interacción que existe entre la fase móvil y la fase estacionaria (Rankumar, 2017).

Los solventes como fase móvil realizan las interacciones químicas entre la fase móvil, el relleno de las columnas y las muestras para poder determinar un grado de migración y separación de compuestos dentro de la muestra. Los compuestos que presentan una fuerte interacción al estar en contacto con la fase móvil que con la fase estacionaria son los que eluyen más rápido en las columnas es decir presentan menores tiempos de retención (Bussi, 2007).

### **2.2.11.3 Gradiente de elución**

El gradiente de elución o elución por gradiente son las separaciones isocráticas usadas en la misma composición que las de la fase móvil las cuales son por medio de separación estas eluciones solo se usan en casos donde la muestra a separar no es muy compleja o en casos donde la mezcla tiene tiempos de retención distintos. Como en el caso de la separación de mezclas que contienen proteínas, estas por lo general requieren un gradiente de elución que esté compuesto por una fase móvil que cambie por medio de análisis (Esquivel y Leal, 2004).

Los gradientes de elución son recomendables en:

- Muestras que presentan semejantes tiempos de retención
- Muestras que presentan un peso molecular superior a 1000.
- Muestras de origen biológico.

#### **2.2.11.4 Integración del área del pico cromatográfico**

Los picos cromatográficos se obtienen a través de sistemas computacionales sofisticados que se especializan en el manejo de los sistemas cromatográficos que digitan señales cromatográficas las cuales inicialmente son analógicas y estas se digitalizan mediante un convertidor de digito-analógico, luego los programas proceden a detectar la presencia de picos, realizan correcciones mediante desviaciones de la línea base, calculan el área y tiempos de retención para determinar la concentración de los compuestos gracias al uso de factores de calibración almacenados y poder lograr generar un informe del análisis completo (Gomis, 2008).

### **2.3 Marco legal**

En el presente trabajo investigativo se guiará por medio de los artículos de la Ley Orgánica del régimen de la soberanía alimentaria de la Constitución de la República del Ecuador 2010 (Gobierno De La Republica, 2010).

#### **Título I**

**Art. 1.** Finalidad: Tiene como propósito establecer los mecanismos por medio de los cuales el Estado cumpla con su deber y propósito estratégico de garantizar a las comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente conveniente de forma inmutable.

**Art. 2.** Carácter y esfera de aplicación.- Esta Ley es de orden colectivo, público, interés social y carácter integral e intersectorial. El deber es regulado por los derechos del buen vivir “sumak kawsay” relativo a la soberanía alimentaria, en sus diferentes extensión.

**Art. 3.** Deberes del Estado.- Según el Art. 281 de la Constitución el Estado sobre la función de la soberanía alimentaria, sobremanera de las responsabilidades establecidas deberá:

Se motiva e incita al consumo de alimentos nutritivos, sanos de origen agroecológico y orgánico, eludiendo lo máximo posible la expansión del monocultivo y el uso de cultivos agroalimentarios en la producción de biocombustibles, anteponiendo sobretodo el consumo alimenticio nacional.

### **Capítulo III**

#### **INVESTIGACIÓN, ASISTENCIA TÉCNICA Y DIÁLOGO DE SABERES**

**Art. 9.** Investigación y extensión para la soberanía alimentaria.- El Estado consolidara y fomentara la productividad en el área de la investigación científica y tecnológica en la asignatura agroalimentaria, se tendrá como principal motivación mejorar la calidad nutricional de la productividad, los alimentos, la inocuidad alimentaria, también el proteger y favorecer de sobremanera la agrobiodiversidad.

### **Capítulo IV**

#### **SANIDAD E INOCUIDAD ALIMENTARIA**

**Art. 24.** Finalidad de la inocuidad. - La sanidad e inocuidad alimentarias tienen como finalidad el realizar una mejor iniciativa en cuando a una adecuada nutrición y protección de la salud de las personas comunidades y sectores; además de prevenir, suprimir o reducir la repercusión de padecimientos que se puedan desencadenar debido al consumo de alimentos contaminados.

**Art. 25.** Sanidad animal y vegetal. - El Estado se encargara de controlar la introducción y sucesión de enfermedades de animales y vegetales; también promoverá las herramientas prácticas y tecnologías para la producción, industrialización, conservación y comercialización que ayuden a alcanzar y

garantizar la inocuidad de los productos. Debido lo cual, el Estado albergará campañas de erradicación de plagas y enfermedades en animales y cultivos, impulsando el uso de insumos veterinarios y fitosanitarios amigables con el medio ambiente. Los animales que se destinen a la alimentación humana serán reproducidos, alimentados, criados, transportados y faenados en condiciones que preserven su bienestar y la sanidad del alimento.

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

La presente investigación corresponde a una investigación de tipo descriptiva, ya que se detalló el proceso para realizar la obtención de extractos a partir del capulí, además de tabular los resultados obtenidos de los laboratorios acreditados.

Por otro lado, es una investigación de tipo documental, ya que se realizaron consultas de documentos científicos obtenidos de fuentes confiables en internet, así como también de la biblioteca virtual de la Universidad Agraria del Ecuador (tesis, libros, revistas, artículos científicos), acerca de estudios similares del capulí y sus variedades para fines informativos.

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

El diseño de la investigación consistió en un diseño no experimental, puesto que las muestras fueron llevadas a un laboratorio para determinar si existe potencial antioxidante presente en los extractos obtenidos de la cáscara y la pulpa de capulí, además de la medición de polifenoles totales.

#### **3.2 Metodología**

##### **3.2.1 Variables.**

###### **3.2.1.1 Variable independiente**

Extractos orgánicos obtenidos de la cáscara y pulpa de capulí.

###### **3.2.1.2 Variable dependiente**

Potencial antioxidante por el método DPPH.

Polifenoles totales de los extractos mediante el método Folin-Ciocalteu.

Caracterización de antioxidantes por LC-MS full scan.

### 3.2.2 Recolección de datos

Los resultados que se obtuvieron mediante los análisis de laboratorio de la actividad antioxidante fueron evaluados con la ayuda del método DPPH, de esa manera fue posible medir el potencial antioxidante en cáscara y pulpa de capulí. Además, la absorbancia se midió por espectrofotometría con una longitud aproximada de 515 nm, la cual dio resultados del porcentaje en la captación de radicales libres y de los polifenoles totales los cuales fueron medidos por espectrofotometría a 765 nm mediante Folin-Ciocalteu.

El registro de la recolección de los datos se usó con el formato detallado a continuación:

**Tabla 9. Capacidad antioxidante y cuantificación de polifenoles totales.**

<b>Muestra</b>	<b>Actividad antioxidantes IC50</b>		<b>Polifenoles totales</b>	
	Cáscara (mg/100g)	Pulpa (mg/100g)	Cáscara (mg GAE/ 100g)	Pulpa (mg GAE/ 100g)
<b>Capulí</b>	±	±	±	±
<b>(Patrón)</b>	±	±	±	±

La capacidad antioxidante se expresara mediante IC50 por el método DPPH. Freire, 2019.

#### 3.2.2.1 Recursos

En la presente investigación se emplearon los materiales y equipos detallados a continuación:

##### 3.2.2.1.1 Recursos bibliográficos

- Libros, artículos científicos.
- Biblioteca virtual del Centro de Información Agraria.
- Revistas científicas, entre otros.

### 3.2.2.1.2 *Materia prima e insumos*

- Capulí (*Prunus serotina* var. *salicifolia*).

### 3.2.2.1.3 *Materiales*

- Vaso de precipitación de 150 mL y 1000 mL.
- Tamices N° 35 de 0,4 mm.
- Envases herméticos ambarinos.
- Papel filtro de 11  $\mu\text{m}$  Grado 1.
- Embudo de decantación.
- Probetas

### 3.2.2.1.4 *Equipos*

- Centrífuga Hermle. Z 300.
- Deshidratador de laboratorio.
- Rota vapor R-215 Advanced®.
- Triturador de rodillos.
- Espectrofotómetro UV-Visible con rangos de longitud de onda de 200-1100.

### 3.2.2.1.5 *Reactivos*

- Metanol (grado analítico).
- Agua destilada.
- DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo).
- Ácido Gálico.
- Reactivo de Folin-Ciocalteu.

### 3.2.2.2 Métodos y técnicas

#### 3.2.2.2.1 Diagrama de flujo para la elaboración del pretratamiento en la cáscara de capulí

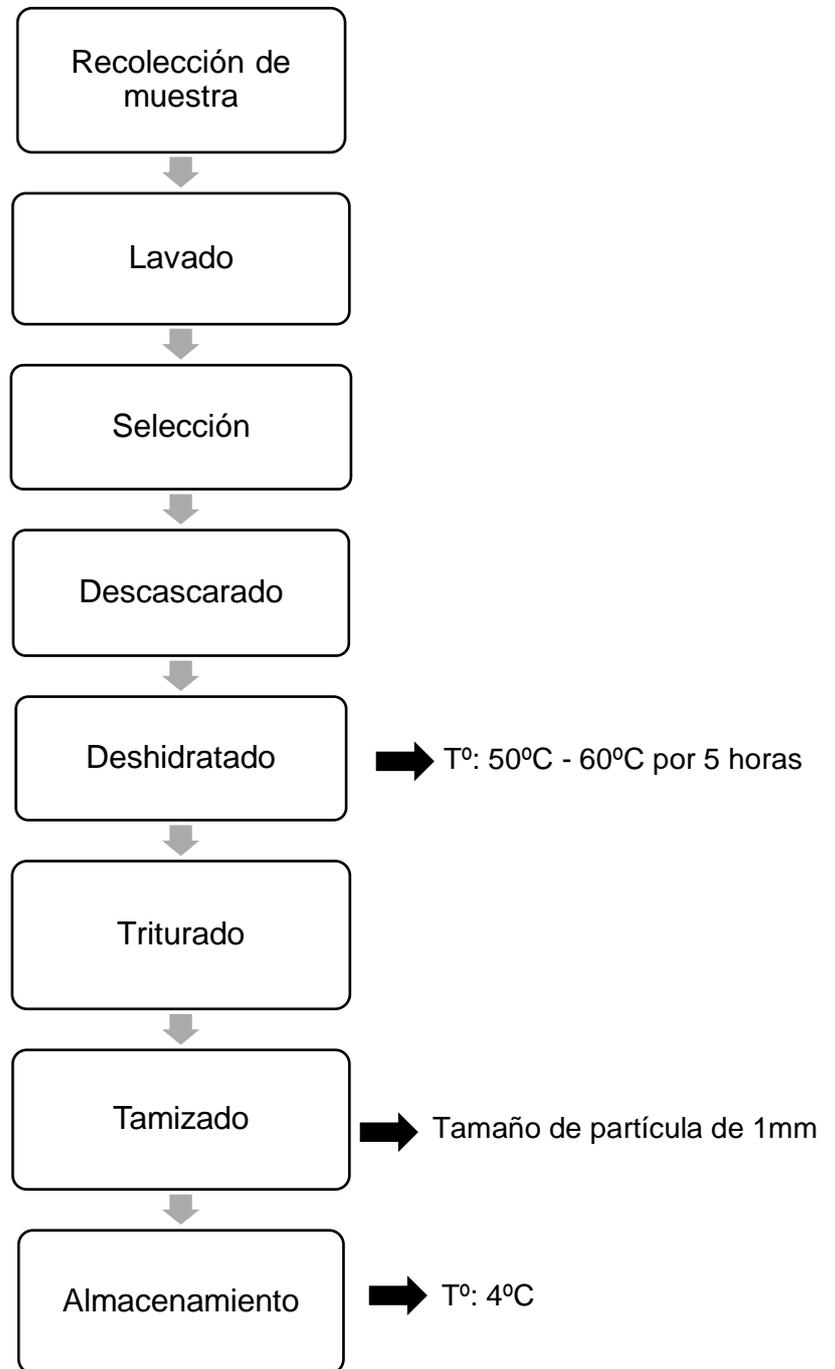


Figura 1. Diagrama de flujo para pretratamiento en cáscara de capulí Freire, 2019

#### 3.2.2.2.2 Descripción para el pretratamiento de la cáscara de capulí

### **Recolección de muestras**

Se acudió al mercado de transferencia de víveres de Montebello de la ciudad de Guayaquil para conseguir el capulí proveniente específicamente de la ciudad de Ambato.

### **Lavado de muestras**

Se sumergió la muestra en agua con una solución de ácido cítrico al 0.1% durante 2 minutos para su desinfección, se dejó escurrir el exceso de agua a temperatura ambiente por una hora.

### **Selección de la muestra**

Los frutos de capulí fueron seleccionados por color, forma, textura y uniformidad del fruto, y eliminando a los que presentaban defectos teniendo un total de 2 kg de fruta.

### **Descascarado**

Se procedió a un descascarado manual de la superficie del fruto, eliminando las semillas.

### **Deshidratado**

La cáscara del capulí se secó y se deshidrató a una temperatura de 50° a 60°C durante 5 horas.

### **Triturado**

Se trituró la muestra en un molino durante 60 minutos.

### **Tamizado**

La muestra de cáscara de capulí fue tamizada en un tamiz de 1mm de diámetro para obtener un tamaño de partícula uniforme.

### Almacenamiento

Se dejó en maceración en un envase de vidrio color ámbar cerrado en la oscuridad en un lugar fresco por 24 horas.

#### 3.2.2.2.3 Diagrama de flujo para la elaboración del pretratamiento en la pulpa de capulí

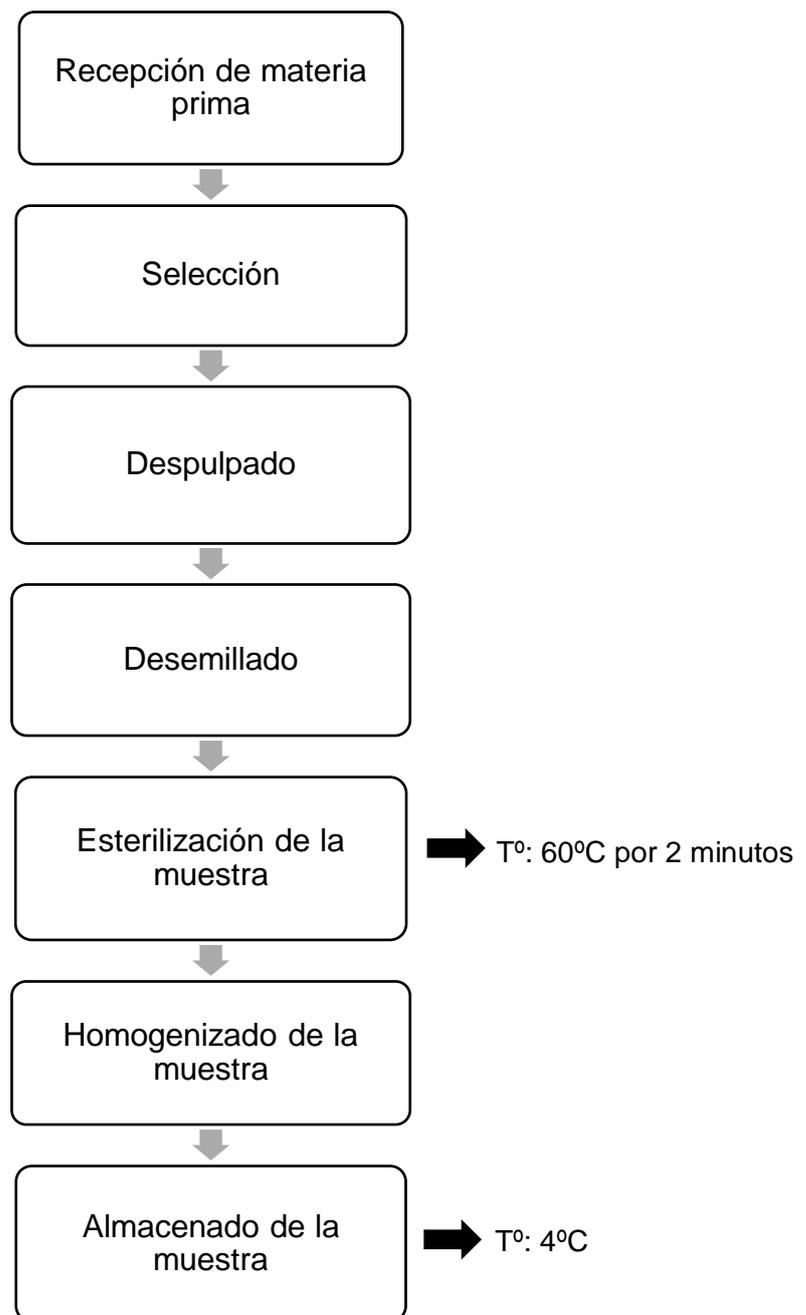


Figura 2. Diagrama de flujo para pretratamiento en pulpa de capulí. Freire, 2019

#### *3.2.2.2.4 Descripción para el pretratamiento de la pulpa de capulí*

##### **Recepción de materia prima**

Se recibió una parte de la materia prima para el pretratamiento de la pulpa de capulí

##### **Selección de materia prima**

Se seleccionó la muestra que estuviera en un óptimo estado para evitar posibles variaciones en los resultados.

##### **Despulpado de la muestra**

Se realizó un una separación o despulpado de manera manual evitando que quedaran restos de cáscara en la muestra.

##### **Desemillado de la muestra**

Se procedió a retirar con cuidado la pulpa de la semilla para evitar el máximo de pérdidas.

##### **Esterilizado de la muestra**

Luego se esterilizó con un baño maría la pulpa a 60 °C por 2 minutos (FAO, 2009).

##### **Homogenizado de la muestra**

Se homogenizo la muestra para poder obtener una muestra más uniforme.

##### **Almacenado de la muestra**

Se maceró en frasco de vidrio color ámbar a temperatura ambiente por 24 horas y se almacenó a 4 °C.

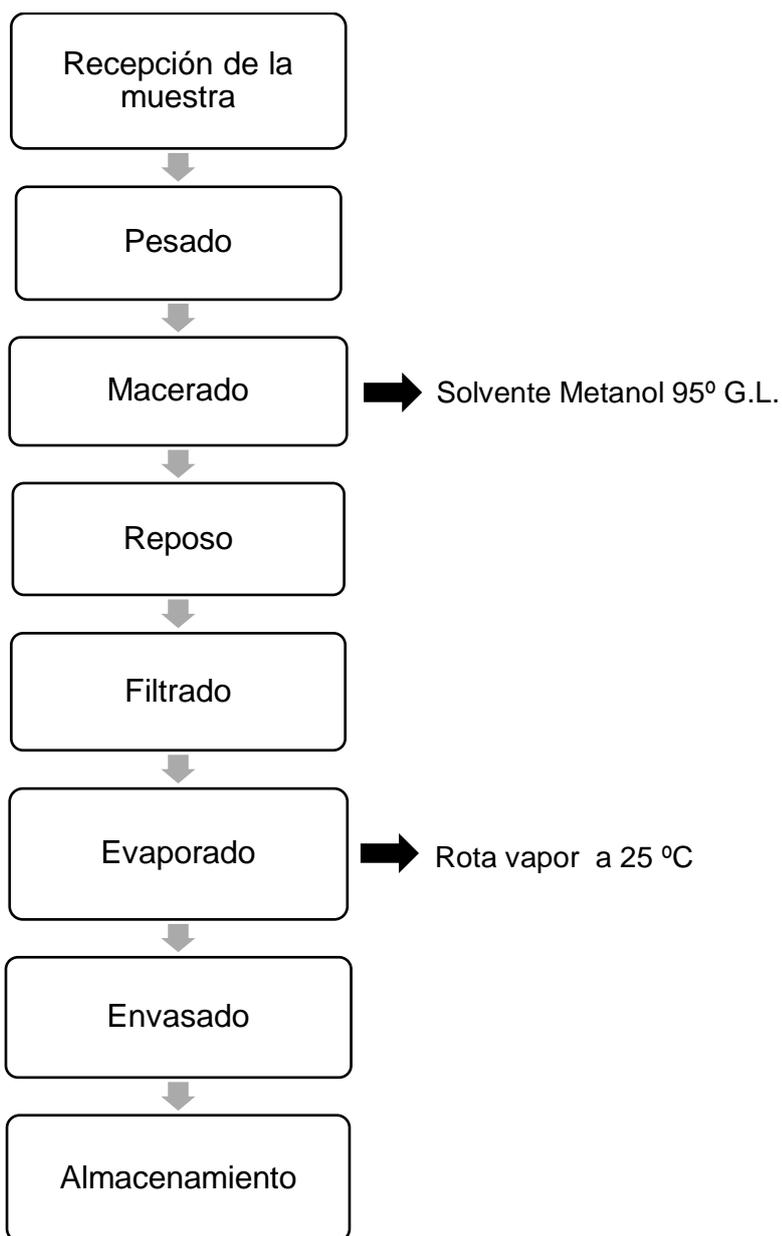


Figura 3 . Diagrama de flujo para obtención de extracto de capulí  
Freire, 2019

#### 3.2.2.2.5 Descripción para obtención del extracto de capulí

##### **Recepción del extracto procesado**

Después del pre tratamiento de la materia prima pasa al proceso de extracción

##### **Pesado**

Se pesó 15 gramos de muestra pulverizada.

**Macerado**

La muestra después del pesado procede a macerarse con solvente metanol durante 120 a 150 minutos.

**Reposo**

La muestra macerada se colocó en un vaso de precipitado sobre una plancha calefactora a temperatura ambiente con agitación constante con el uso de un agitador magnético para lograr una mayor interacción entre la muestra y el solvente.

**Filtrado**

Se recogió el sobrenadante y se filtró con un papel filtro corrugado para la obtención de extracto puro y libre de residuos.

**Evaporado**

Se procedió a eliminar el exceso de solventes mediante el empleo de un rotavapor a 25°C para obtener los extractos del capulí.

**Envasado**

El extracto puro fue envasado en frasco de vidrio color ámbar para evitar que pierda su poder antioxidante.

**Almacenado de la muestra**

Se almaceno a temperatura ambiente por 24 horas a 4 °C y envuelto en papel aluminio para su posterior análisis en el laboratorio.

**3.2.2.3 Método****3.2.2.3.1 Determinación de potencial antioxidante**

Se determinó la capacidad antioxidante en extractos metanólicos de cáscara y pulpa de capulí mediante método DPPH de la siguiente manera:

Para el análisis del potencial antioxidante se realizó mediante decoloración de radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo propuesto por Brand-Williams en 1995, se empezó preparando diluciones del extracto acuoso de capulí hasta obtener concentraciones aproximadas de 0,045 a 0,225 mg/100g; luego se procedió a dejar en reposo durante 30 minutos en oscuridad para después realizar las lecturas a 517 nm en el espectrofotómetro con la finalidad de calcular la capacidad antioxidante con intervalos establecidos por el método, para determinar el potencial antioxidante expresado en mg/100g en Trolox equivalente (Cofré, 2015).

Para poder determinar el porcentaje de inhibición de las muestras se requiere tomar lectura de la absorbancia inicial, junto con la absorbancia final. Con los datos se aplica la siguiente fórmula para determinar el potencial antioxidante o porcentaje de inhibición en la muestra:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Abs. inicial} - \text{Abs. final}}{\text{Abs. inicial}} * 100$$

#### 3.2.2.3.2 *Determinación de polifenoles totales*

La cuantificación de contenido de polifenoles representada por Mier y Cáez (2001), la describe de la siguiente forma:

En un balón aforado se adicionó el extracto más agua destilada y 1 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Luego de 5 minutos se adicionó 1 mL de carbonato de sodio al 7% y se aforó con agua destilada. Se dejó que la solución reaccione por un lapso de 90 minutos sin exposición a la luz. Se realizó la cuantificación por el método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu con una absorbancia o longitud de onda de 765 nm y el contenido de polifenoles fue expresado en mg de ácido gálico GAE/100g de muestra representado en una curva de calibración.

#### 3.2.2.3.3 Caracterización mediante cromatografía

Se realizó una comparación en las áreas de los picos de la cromatografía obtenido al correr las muestras del extracto metanólico de las especies *Prunus serotina* var. *salicifolia* (Capulí) con un área del pico estándar o patrón. Como instrumento se usó LC-MS (Cromatografía líquida acoplada a la espectrofotometría de masas de alta resolución) y con una expresión final en número de picos presentes en LC-MS.

#### 3.2.3 Análisis estadístico

Se efectuó un análisis estadístico descriptivo donde se presentaron tablas y gráficos haciendo uso del programa Microsoft Excel 2010. Presentando tablas comparativas de las muestras de extractos de cáscara y pulpa vs el porcentaje de captura de radicales libres medido por DPPH (IC50) y polifenoles totales expresado en GAE, además de enfatizar la regresión lineal en la curva de calibración de los extractos.

## 4. Resultados

### 4.1 Obtención de extractos de cáscara y pulpa de capulí mediante uso de metanol como solvente orgánico.

Para el acondicionamiento de las muestras se tuvo en cuenta las pérdidas significativas durante el proceso de elaboración del extracto; teniendo así a la pulpa con una extracción manual representando el 10% de pérdidas al momento de la selección, así mismo la cáscara arrojó una pérdida de 0,05% de pérdidas y en cuanto a las pérdidas por parte de la semilla del fruto fueron del 100% debido a que no aportaban valor alguno en el proceso de elaboración de los extractos.

**Tabla 10. Obtención y acondicionamiento de la muestra**

<b>Muestra</b>	<b>Método</b>	<b>Gramos</b>	<b>Pérdidas</b>
Pulpa	Extracción manual	1221	10%
Semilla	Separado	840	100%
Cáscara	Aislamiento manual	693	0,05%
Peso total	-	2754	-

Preparación de la muestra.  
Freire, 2020.

Se usó como método de obtención para los extractos metanólicos de la muestra de pulpa como para la de cáscara el medio de maceración y agitación constante además de que el método de purificación fue la filtración y evaporación mediante papel filtro y rotavapor respectivamente, la temperatura de extracción fue de 25°C mientras que el tiempo de extracción vario teniendo en pulpa 35 minutos de extracción mientras que el cascara 45 minutos, cave recalcar que este proceso duro hasta que todo el solvente se haya evaporado de la muestra para la obtención de un extracto puro en antioxidantes y polifenoles.

**Tabla 11. Extracto metanólico de cáscara y pulpa de capulí**

Muestra	Solvente	Solución (Muestra/solvente)	Tiempo de maceración	Temperatura de extracción	Tiempo de extracción
<b>Pulpa</b>	Metanol	15g/50mL	120 min	25°C	35 minutos
<b>Cáscara</b>	Metanol	15g/50mL	150 min	25°C	45 minutos

Condiciones para la obtención de extractos metanólicos.  
Freire, 2020.

#### 4.2 Potencial antioxidante de los extractos

Como determinante para el potencial antioxidante o el porcentaje de inhibición de los extractos metánicos a partir la cáscara y de la pulpa de capulí se requiere tomar lectura de la absorbancia inicial o absorbancia al minuto cero (0) y la absorbancia final cuya lectura se realizó al minuto 10, los resultados arrojados se representan en la siguiente tabla.

**Tabla 12. Absorbancia de la pulpa y la cáscara de capulí**

ABSORBANCIAS DPPH	Cáscara	Pulpa
<b>Absorbancia inicial</b>	0,235	0,368
<b>Absorbancia final</b>	0,007	0,268

Niveles de absorbancia en DPPH  
Freire, 2020.

##### 4.2.1 Capacidad antioxidante del extracto de la Pulpa de capulí

Los valores tomados de la lectura del espectrofotómetro fueron los siguientes:

Absorbancia inicial: 0,368

Absorbancia final: 0,268

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Abs. Inicial} - \text{Abs. Final}}{\text{Abs. Inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{0,368 - 0,268}{0,368} \times 100$$

% de inhibición = 27,17%

#### **4.2.2 Capacidad antioxidante del extracto de Cáscara de capulí**

Los valores tomados de la lectura del espectrofotómetro fueron los siguientes:

Absorbancia inicial: 0,235

Absorbancia final: 0,007

% de inhibición =  $\frac{\text{Abs. Inicial} - \text{Abs. Final}}{\text{Abs. Inicial}} \times 100$

% de inhibición =  $\frac{0,235 - 0,007}{0,235} \times 100$

% de inhibición = 97,02%

#### **4.2.3 Coeficiente de inhibición**

Se utilizó como estándar el ácido ascórbico con una curva de concentración de 2,4 a 10,4 µg/mL. Los resultados arrojados por las muestras analizadas de cáscara y pulpa de capulí mediante DPPH, IC50 para la determinación de la capacidad de captación de radicales libres.

**Tabla 13. Actividad antioxidante de cáscara y pulpa de capulí.**

<b>Actividad Antioxidante</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Extracto</b>	<b>DPPH (IC50)</b>	<b>Unidad</b>
Pulpa	Metanólico	581,40	mg/100g
Cáscara	Metanólico	333,0	mg/100g

Actividad antioxidante en DPPH (IC50)  
Freire, 2020.

La muestra de cáscara de capulí tuvo una concentración de 333,0 mg/100g y la muestra de pulpa obtuvo una concentración de 581,40 mg/100g. Estudios relacionados a la medición del potencial antioxidante de diversos compuestos,

indican que a menores valores de IC50, mayor es la capacidad antioxidante, tal como se muestra en la figura 4.

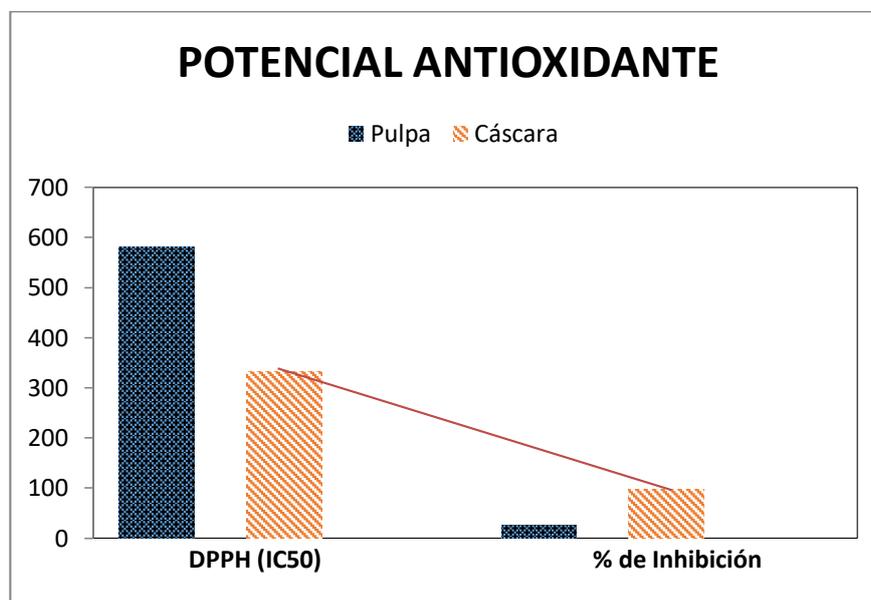


Figura 4. Relación del IC50 con el porcentaje de inhibición del radical DPPH Freire, 2020

#### 4.3 Polifenoles totales presentes en extractos metanólicos de capulí

El análisis de polifenoles totales se realiza mediante la técnica de espectrofotometría Folin-Ciocalteu (ver anexo 4 y 5) donde se mide la reducción de los radicales por acción de los compuestos fenólicos.

La cáscara de capulí posee una mayor concentración de polifenoles totales (PT), lo cual le otorga una alta capacidad antioxidante a esta parte de la fruta de capulí, en relación a la pulpa.

**Tabla 14. Polifenoles totales en muestra de capulí**

Polifenoles totales			
Muestra	Extracto	Polifenoles totales (PT)	Unidad
Pulpa	Metanólico	144,86	mgGAE/100g
Cáscara	Metanólico	2003,20	mgGAE/100g

Polifenoles totales mediante Folin-Ciocalteu.  
Freire, 2020.

Mediante los resultados arrojados en el estudio podemos representar los valores por medio de gráficos de barras el porcentaje de captura de radicales libres expresado en IC50, el porcentaje de inhibición versus el contenido de polifenoles totales; tal como se observa en la figura 5, la cáscara de capulí posee una mayor concentración de polifenoles totales (PT), lo cual le otorga una alta capacidad antioxidante a esta parte de la fruta de capulí, en relación a la pulpa.

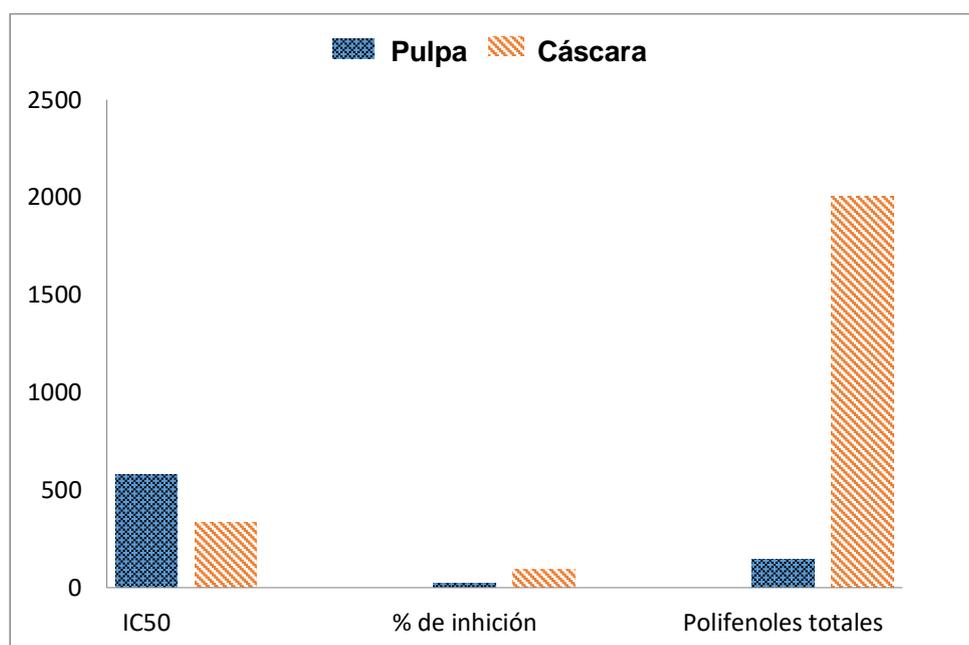


Figura 5. Cuantificación de polifenoles totales  
Freire, 2020

Se realizó una curva estándar de calibración para una determinación más exacta de la concentración de polifenoles totales en la muestra con una absorbancia a 756nm la cual arrojó resultados expresado en la tabla 15.

**Tabla 15. Curva de calibración para polifenoles totales**

Nivel	Estándar: Concentración	Cuentas de Área
Calibración	ppm	[Absorbancia]
1	9,44	0,77
2	4,72	0,38
3	2,36	0,18
4	1,18	0,10

Cuantificación de polifenoles totales  
Freire, 2020

La siguiente gráfica muestra como la curva de calibración se constituye a través de los datos de absorbancia y la concentración estándar en ppm y cuentas de área según los niveles de calibración de polifenoles totales se gráfica la regresión lineal para notar que los datos sean los correctos para así determinar la relación proporcional entre la concentración y la señal analítica de la muestra sean óptimos y no presenten variaciones además de que estén debidamente calibrados puesto que según los puntos de la recta se usan para poder calcular una pendiente, tenemos así como anteriormente fue mencionado se identificara la concentración del analito por medio de la señal analítica demostrando así un coeficiente de determinación de 0,9998.

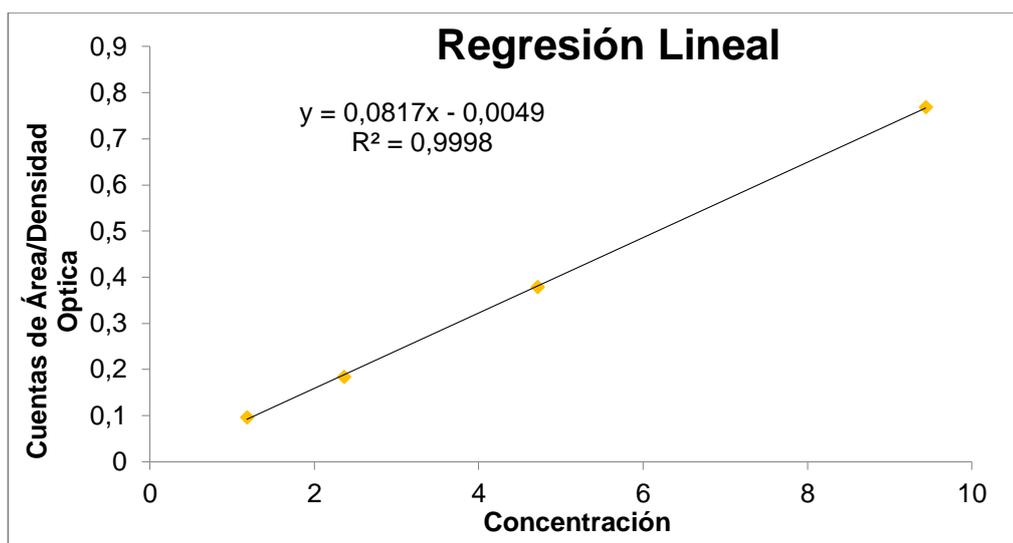


Figura 6. Curva de cuantificación de polifenoles totales  
Freire, 2020

#### 4.4 Compuestos antioxidantes presentes en extractos metanólicos de capulí

El uso de cromatografía líquida acoplada a masas empleando un full scan permite determinar la presencia de los tipos de antioxidantes en una muestra (ver anexo 6 y 7). Para el uso de la técnica full scan se usan determinadas condiciones cromatográficas tal como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16. Condiciones cromatográficas**

Columna	C 18 (2.1 x 100 mm) 1.7 $\mu$ m
Flujo	0.4 mL/ min
Temperatura	40 °C
Fase Móvil A	10 mM Formato de amonio en agua 0.1% ácido fórmico
Fase Móvil B	10 mM Formato de amonio en acetonitrilo 0.1% ácido fórmico
FULL SCAN	50 a 1000 Dalton Cono: 10, 15, 20 Voltaje Polaridad : positivo
Tiempo de corrida	15 min

Condiciones para análisis cromatográfico  
Freire, 2020

En la tabla 17 se muestra las condiciones que se tomaron en la cromatografía respecto al gradiente de elución expresado en minutos, fase móvil A como la fase móvil B que son de gran importancia debido a que la muestra junto con las fases móviles y el relleno de columnas pueden llegar ser un determinante esencial sobre los niveles del grado de separación y migración de los compuestos antioxidantes dentro de la muestra de los extractos metanólicos de pulpa y cáscara de capulí.

**Tabla 17. Gradiente de elución**

Tiempo (min)	Gradiente de elución	
	Fase Móvil A	Fase Móvil B
0	95 %	5 %
5	-	100 %
10	-	100 %
12	95 %	5 %
15	95%	5 %

Condiciones para análisis cromatográfico del gradiente de elución  
Freire, 2020

#### 4.4.1 Compuestos antioxidantes presentes en la cáscara de capulí

El uso de la técnica de barrido o full scan en la cáscara de capulí permitió detectar la presencia de 6 compuestos antioxidantes, los cuales presentaron una

masa inicial, pero frente a la presencia de voltaje sufrieron aumentos en su masa debido a la ionización en algunos casos.

**Tabla 18. Antioxidantes identificados en la cáscara de capulí**

Extracto metanólico de Cáscara de capulí						
Compuesto Identificado	Intensidad	Presencia	Masa molecular	Sensibilidad	cv (coeficiente de variación)	Tiempo de retención
Ácido ferúlico	1.2 x 10 <sup>6</sup>	Si	194.18 g/mol	50-1000 Da.	10	2.183
Ácido cafeico	1.3 x 10 <sup>6</sup>	Si	180.16 g/mol	50-1000 Da.	10	3.315
Cianidina	2.2 x 10 <sup>6</sup>	Si	287.29 g/mol	50-1000 Da.	10	4.467
Catequina	1.3 x 10 <sup>6</sup>	Si	290.26 g/mol	50-1000 Da.	10	5.182
Ubiquinona	270000.0	Si	863.34 g/mol	50-1000 Da.	20	5.893
Betacaroteno	30000.0	Si	536.87 g/mol	50-1000 Da.	15	6.189
Kaempferol	-	No	286.23 g/mol	50-1000 Da.	10	-
Procianidina	330000.0	No	866.206 g/mol	50-1000 Da.	10	-
Ácido p-cumárico	-	No	164.047 g/mol	50-1000 Da.	10	-

Presencia y ausencia de compuestos antioxidantes en extracto de cáscara de capulí Freire, 2020.

Se identificó la presencia de ácido ferúlico con una masa inicial de 194.18 g/mol, el cual no sufrió alteraciones en su masa. Además, se detectó ácido cafeico con una masa de 180.16 g/mol inicial, la cual no sufrió alteraciones a un voltaje de cono de 10 kv con un tiempo de retención en la fase estacionaria de 3 minutos.

Además, se localizó cianidina con una masa molecular de 287.29 g/mol, pero al momento que se produce dentro de la capa de ionización, la molécula sufrió una reacción química, dando como resultado que el pico de cianidina arrojase un resultado de 288.27 g/mol. Otro caso detectado se dio con la presencia de catequina con una masa molecular de 290.26 g/mol, dando un pico de 291.24 g/mol. Entre los compuestos detectados está el betacaroteno con una masa de 536.87 g/mol que requirió un tiempo de 6.18 minutos en la fase estacionaria y sufrió alteraciones en su pico de masa. Por último, se detectó el antioxidante ubiquinona con una masa molecular de 863.34 g/mol y un tiempo de 5.89 minutos

para trasladarse de la fase estacionaria a la fase móvil, lo cual género que su pico de masa descienda a 284.32 g/mol

#### 4.4.2 Compuestos antioxidantes presentes en la pulpa de capulí

Se aplicó la técnica de barrido o full scan en la pulpa de capulí permitió detectar la presencia de 6 compuestos antioxidantes entre los que tenemos: ácido cafeico, procianidina, cianidina, catequina, ubiquinona, betacaroteno.

**Tabla 19. Antioxidantes identificados en la pulpa de capulí**

Extracto metanólico de pulpa de capulí						
Compuesto Identificado	Intensidad	Presencia	Masa molecular	Sensibilidad	cv (coeficiente de variación)	Tiempo de retención
Ácido cafeico	6.5 x 10 <sup>6</sup>	Si	180.16 g/mol	50-1000 Da.	10	0.807
Procianidina	330000.0	Si	866.206 g/mol	50-1000 Da.	10	2.295
Cianidina	2.2 x 10 <sup>6</sup>	Si	287.29 g/mol	50-1000 Da.	10	4.467
Catequina	1.3 x 10 <sup>6</sup>	Si	290.26 g/mol	50-1000 Da.	10	5.182
Ubiquinona	270000.0	Si	863.34 g/mol	50-1000 Da.	20	5.793
Betacaroteno	30000.0	Si	536.87 g/mol	50-1000 Da.	15	6.289
Ácido p-cumárico	-	No	164.047 g/mol	50-1000 Da.	10	-
Ácido ferúlico	1.2 x 10 <sup>6</sup>	No	194.18 g/mol	50-1000 Da.	10	-
Kaempferol	-	No	286.23 g/mol	50-1000 Da.	10	-

Presencia y ausencia de compuestos antioxidantes en extracto de pulpa de capulí Freire, 2020.

El ácido cafeico se detectó con una masa de 180.16 g/mol inicial, con un tiempo de retención en la fase estacionaria de 0.80 minutos. La procianidina se detectó con una masa inicial de 866.206 g/mol y alcanzó un pico de masa de 579.22 g/mol con un tiempo de retención en la fase estacionaria de 2.29 minutos, mientras que la cianidina se localizó con una masa molecular de 287.29 g/mol, pero al momento que se produce dentro de la capa de ionización, la molécula se protona, dando como resultado que al pico de cianidina se arrojó con un resultado de 288.27 g/mol, a diferencia de la catequina que con una masa molecular de 290.26 g/mol, se obtuvo un pico de 291.24 g/mol. La ubiquinona se presentó con una masa molecular de 863.34 g/mol, en un tiempo de 5.79 minutos para

trasladarse de la fase estacionaria a la fase móvil, lo cual generó que su pico de masa descendiera a 284.32 g/mol. Por último, el betacaroteno con una masa de 536.87 g/mol que requirió un tiempo de 6.28 minutos en la fase estacionaria, sufrió alteraciones en su pico de masa.

## 5. Discusión

En base a los análisis de potencial antioxidante se pudo evidenciar una concentración de 333,0 mg/100g en cáscara de capulí en relación a los resultados tenemos lo acotado por Hurtado y Pérez (2014), quienes determinaron la capacidad antioxidante en la cáscara de capulí, cuyo resultado fue de 100,5  $\mu\text{mol}$  Trolox/g en una fracción soluble de metanol al 50% de extracto crudo; y en la capacidad antioxidante en la muestra de pulpa de capulí con una concentración de 581,40 mg/100 tiene semejanza a lo indicado por Repo y Encina (2008), quienes mediante una comparación con otras frutas determinaron la actividad antioxidante medida por el método del DPPH teniendo como referencia el aguaymanto con (729 $\pm$ 98 g eq trolox/g de tejido).

De igual manera se cuantificó los polifenoles totales presentes en extractos metanólicos mediante la técnica de espectrofotometría por el método de Folin-Ciocalteu, dando como resultado una concentración de 2003,20 mg GAE/100g en la cáscara y 144,86 mg GAE/100g en la pulpa de capulí. El contenido de fenoles no es igual en todas las frutas, tal y como sostienen los resultados de los autores Vasco et al. (2008), los cuales realizaron una comparación del contenido fenólico/100g en frutas de la fracción soluble con un solvente polar y mediante el empleo del método de Folin-Ciocalteu, en donde es considerado que el fruto capulí con 1494 mg GAE/100 g de cáscara podría ser una fuente importante de polifenoles debido a que contiene un alto contenido de compuestos fenólicos; en cuanto a Hurtado y Pérez (2014), tenemos que por medio del análisis de polifenoles totales de los extractos de tejido de capulí se dio como resultado 242 mg GAE/100g de fruta, en relación a los valores obtenidos se cataloga al capulí

con altos valores de polifenoles, y se denomina al capulí como una fruta con un alto poder antioxidante.

Se caracterizó a los antioxidantes presentes en extractos metanólicos de capulí mediante un full scan de los compuestos con el empleo de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (LC-MS), permitiendo identificar la presencia de ácido cafeico, ácido ferúlico, procianidina, cianidina, catequina, ubiquinona y betacaroteno en los extractos de la pulpa y la cáscara; se tomará como referencia el estudio de Vasco et al. (2008), los cuales determinaron en la fruta de capulí presencia de un total de 2433 compuestos fenólicos identificados y cuantificados, de los cuales solo 89 corresponden a los glucósidos de cianidina, mientras que el resto corresponden a catequina, epicatequina dimérica, proantocianidinas triméricas, y los glucósidos de quercetina. También se comparó a Hurtado y Pérez (2014) junto con Hernández et al. (2018), quienes identificaron por medio de espectrofotometría de masas y resonancia magnética nuclear pigmentos mayoritarios como Cianidina-3-O-(6-O- $\alpha$ -ramnopiranosil)- $\beta$ -glucopiranosido y la Cianidina-3-O- $\beta$ -glucopiranosido y mayor contenido de antocianinas en mg de cianidina-3-O-glucósido, respectivamente.

## 6. Conclusiones

El análisis de los resultados permitió desarrollar las siguientes conclusiones:

Se pudo concluir que el metanol es eficiente al momento de la elaboración de los extractos debido a que su eliminación mediante ebullición permite disminuir los rastros del solvente, beneficiando así una mejor determinación de capacidad antioxidante y cuantificación de polifenoles totales además de la caracterización de compuestos antioxidantes presentes en los extractos.

Se determinó el potencial antioxidante de los extractos obtenidos por medio del método DPPH (IC50) el cual nos indica que en cuanto menor sea su valor, mayor será su porcentaje de inhibición, teniendo así, la cáscara con una concentración de 333,0 mg/100g por lo tanto su porcentaje de inhibición fue mayor 97,02% comparado con la concentración de la pulpa que fue de 581,40 mg/100g dando como resultado un porcentaje de inhibición menor del 27,17%.

La cuantificación de los polifenoles totales presentes en los extractos metanólicos de capulí se dio en una concentración de 2003,20 mg GAE/100g en la cáscara a diferencia de 144,86 mg GAE/100g en la pulpa. Los datos obtenidos permiten deducir que la cáscara de capulí presenta un mayor contenido de polifenoles totales presentes en el extracto.

Se caracterizaron los compuestos antioxidantes presentes en extractos metanólicos de capulí mediante (LC-MS), dando como resultado la presencia de ácido cafeico, cianidina, catequina, ubiquinona y betacaroteno en los extractos de pulpa y la cáscara. La diferencia entre los extractos estuvo marcada en que se identificó procianidina en la pulpa y ácido ferúlico en la cáscara, llegando a la conclusión de que una misma fruta en sus partes puede contener diferentes compuestos antioxidantes.

## 7. Recomendaciones

Es recomendable que al momento de seleccionar la muestra para la obtención del extracto que esta se encuentre en óptimas condiciones, ya que si llegan a presentar defectos pueden alterar los resultados. Además, debe tomarse en cuenta en la actividad antioxidante las curvas de calibración de los reactivos para que de esta manera se pueda obtener valores más exactos en los polifenoles totales, siendo preciso indagar cuales son los polifenoles más frecuentes en el capulí.

Se sugiere caracterizar cuantitativamente la capacidad antioxidante de una fruta, ya que a pesar de la presencia de compuestos polifenólicos su poder de reducción de radicales puede ser baja, media o alta; diversos estudios dependen del tratamiento que se le da al fruto a que si es sometido a temperaturas elevadas, su actividad antioxidante tiende a disminuir. Cabe indicar que a un menor IC50 mayor será su porcentaje de inhibición de radicales.

En base a los resultados obtenidos se puede ampliar la investigación del capulí, ya que gracias a los cromatogramas obtenidos se puede realizar una caracterización más precisa debido a la presencia de una gran cantidad de picos sin identificar, pudiendo realizar estudios fitoquímicos que faciliten la caracterización de todos los compuestos presentes.

## 8. Bibliografía

- Almaguer G, D., & Almaguer M, L. (2006). Estrés oxidativo y muerte neuronal. Una visión biomolecular. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 7(4), 330-337. Recuperado de <http://previous.revmexneurociencia.com/wp-content/uploads/2014/06/Nm064-08.pdf>
- Alvarado S., Aguilar M., Díaz E., & Yañez, J. (2018). Effect of microencapsulation (maltodextrin-chinchayote starch) on the antioxidant capacity of the Capulín (*Prunus serotina*). *Mexican journal of biotechnology*, 3(2), 23-36. doi: 10.29267
- Álvarez, N., & Bague, A. (2011). *Los alimentos funcionales una oportunidad para una mejor salud*. Madrid: (Primera ed.) AMV.
- Aranceta, J., & Gil, Á. (2009). *Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil*. España: Panamericana. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=694170>
- Aranceta, J., Blay, G., Echeverría, F., Gil, I., Hernández, M., Iglesias, J., & López, M. (2011). Buenas Prácticas Clínicas en Alimentos Funcionales. España: IMC. Recuperado de [https://www.cgcom.es/sites/default/files/gbpc\\_alimentos\\_funcionales.pdf](https://www.cgcom.es/sites/default/files/gbpc_alimentos_funcionales.pdf)
- Arbildo, A., & Campos, O. (2014). Evaluación de la actividad antioxidante del extracto etanólico de hojas y frutos de *Prunus serotina* "capulí" provenientes de la Región Cajamarca. Tesis de grado. Recuperado de <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/321>
- Arrázola, G., Grané, N., Martín, M., & Dicenta, F. (2013). Determinación de los compuestos cianogénicos amigdalina y prunasina en semillas de almendras (*Prunus dulcis* L.) mediante cromatografía líquida de alta

- resolución. *Revista Colombiana de Química*, 3(42), 23-30. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v42n3/v42n3a04.pdf>
- Avendaño, A., Lira, R., Madrigal, B., García, E., Soto, M., & Romo, A. (2015). Manejo y síndromes de domesticación del capulín (*Prunus serotina Ehrh ssp. capuli (Cav.) Mc Vaugh*) en comunidades del estado de Tlaxcala. *Agrociencia*, 49(2), 193. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n2/v49n2a7.pdf>
- Baldeón, D., Torres, M., Arahana, V., & Tobar, J. (2013). Evaluación de la variabilidad genética del capulí (*Prunus serotina subsp. capulí*) en tres provincias del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de medicina y ciencias biológicas*, 34(1-2), 12-13. Recuperado de <http://remcb-puce.edu.ec/index.php/remcb/article/view/134>
- Behrendorff, J., & Vickers, C. (2013). 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl as a screening tool for recombinant monoterpene biosynthesis. *Chemical Pharmaceutical Bulletin*, 12(1), 76. doi: 10.1186/1475-2859-12-76
- Bijak, S., Czajkowski, M., & Ludwisiak, L. (2014). Occurrence of black cherry (*Prunus serotina Ehrh.*) in the State Forests in Poland. *Forest Research Papers*, 75(4), 359-365. doi: 10.2478 / frp-2014-0033
- Borja, E. (2017). Caracterización Eco-geográfica de la colección de *Prunus serotina Ehrh subsp. capuli (Cav.) McVaugh (Capulí)*, en la región andina de Ecuador. *INIAP*, 43. doi: 10.13140/RG.2.2.20011.13602
- Bussi, J. (2007). Cromatografía de Líquidos de alta eficacia (HPLC). Instituto de Ingeniería Química. Recuperado de <https://www.fing.edu.uy/iq/analisis/cursos/ainst/hplc.pdf>

- Calvo, S., Gómez, C., López, C., & Royo, M. (2012). Nutrición, salud y alimentos funcionales. Madrid: UNED. Recuperado de [https://www.academia.edu/25519251/Nutrici%C3%B3n\\_salud\\_y\\_alimentos\\_funcionales](https://www.academia.edu/25519251/Nutrici%C3%B3n_salud_y_alimentos_funcionales)
- Camps, D., Ruffino's, Majul, E., & Joison, A. (2010). *Bioquímica del estrés oxidativo y de las especies reactivas del oxígeno*. Primera edición, Vol. 47. Córdoba, Argentina: Lulú.
- Cañibano, M. (2012). Efecto del perfil fenólico sobre las características antioxidantes de vinos tintos. Tesis de Máster. Recuperado de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/2031>
- Carrión, A., & García, C. (2010). Preparación de extractos vegetales: Determinación de eficiencia de metódica. Tesis de grado. Recuperado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2483/1/tq1005.pdf>
- Céspedes, T., & Sánchez, D. (2000). Algunos aspectos sobre el estrés oxidativo, el estado antioxidante y la terapia de suplementación. *Revista Cubana*, 14(1), 55-60. Recuperado de <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/471>
- Chisaguano, A. (2012). Evaluación de la aplicación de tres productos inductores de brotación en capulí (*Prunus capulí*). Tesis de grado. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/750>
- CITVER. (2018). *Guía de diagnóstico y tratamiento de intoxicación por capulín tullidor*. Departamento de toxicología, Veracruz. Recuperado de <https://www.ssaver.gob.mx/citver/files/2018/04/capulin-Tullidinol-2.pdf>
- Cofré, A. (2015). Determinación de Polifenoles Totales, Actividad Antioxidante y antocianinas de Jugo de Murtilla (*Ugni molinae Turcz*) obtenido por condensación de vapor. Tesis de grado. Recuperado de <http://cybertesis.u>

ach.cl/tesis/uach/2015/fac675d/doc/fac675d.pdf

- Conde, E., Moure, A., Domínguez, H., & Parajó, J. (2013). Extracción de antioxidantes naturales de alimentos vegetales. Proceso de separación, extracción y concentración en las industrias de alimentos, bebidas y nutraceuticos, 506-594. doi 10.1533/9780857090751.2.506
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vásquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212. doi 10.4067/S0717-75182015000200014
- Ecuador, Gobierno De La Republica Del. (2010). Sanidad e Inocuidad Alimentaria. Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria, 20-40. Recuperado de <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>
- El Comercio. (9 de Febrero de 2015). Jucho bebida sagrada de fertilidad. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/jucho-bebida-sagrada-fertilidad.html>
- El Telégrafo. (17 de Diciembre de 2016). El 'jucho' es la bebida de deleite en la Sierra central. Recuperado de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/el-jucho-es-la-bebida-de-deleite-en-la-sierra-central>
- Esquivel, E., Leal, L., (2004). Cromatografía de fase reversa. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia\\_de\\_fase\\_reversa.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_fase_reversa.pdf)
- FAO. (2009). *Capítulo 10: Procesado de frutas, hortalizas y otros productos*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x5062s/x5062S00.htm>
- Félix, G., Torres, M., Herrera, M., Nieto, R., Almaguer, G., López, J., & Segura, S. (2018). Incompatibilidad del capulín (*Prunus serotina ssp. capuli* (Cav.)

- McVaugh) como portainjerto del cerezo dulce (*Prunus avium* L.). *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(5), 1035-1036. Doi <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v9i5.242>
- Finley, J. (2004). Phenolic antioxidants and prevention of chronic inflammation. *Food Technology*, 58(11), 42-46. Recuperado de <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=16268556>
- Flores, Y., & Vega, M. (2013). Evaluación del efecto de la temperatura y la concentración en la pérdida de antocianinas y vitamina C en la cinética del deshidratado osmótico. Tesis de pregrado. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2669>
- Francis, C. (18 de Agosto de 2006). Química orgánica. México, D.F., México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <https://www.textoscientificos.com/química/metanol>
- Franco, D., & Moure, A. (2010). Antioxidantes naturales: Aspectos saludables, toxicológicos y aplicaciones industriales. Editorial Xunta de Galicia, 102p. Recuperado de [https://libraria.xunta.gal/sites/default/files/documents/10-0583\\_1.pdf](https://libraria.xunta.gal/sites/default/files/documents/10-0583_1.pdf)
- García, A. (2015). Obtención de extractos metanólicos ricos en compuestos fenólicos a partir de hongos comestibles. Valoración, in vitro, de la actividad antioxidante y antiinflamatoria de los extractos. Tesis doctoral, doi 10.35376/10324/16686
- García, E., Fernández, I., & Fuentes, A. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. Universidad Politécnica de València, Departamento de Tecnología de alimentos, València. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/52056>

- García, F. (2006). *Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes*. Tesis doctoral. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11052/GarciaAlonso2de2.pdf?sequence=2>
- García, I., & Cárdenas, J. (2016). *Polifenoles en alimentos* (Primera ed.). Guayaquil, Ecuador.
- GBIF. (2011). *Global Biodiversity Information Facility*. Recuperado de <https://www.gbif.org/>
- Gomis, V. (2008). *Cromatografía: principios generales*. Recuperado de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8246/7/T2cromagraf.pdf>
- González, A. (2004). *Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas de las amazonas*. Trabajo Final. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandreagonzalezvilla.2004.pdf>
- González, M., Betancourt, M., & Ortiz, R. (2000). Daño oxidativo y Antioxidantes. *Bioquímica*, 25(1), 5-7. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/576/57611797001.pdf>
- Guijarro, M. (2013). *Diseño de un proceso para producir un licor con sabor a capulí*. Tesis de grado. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2294>
- Hernández, G., Espinosa, T., Pérez, A., Salgado, I., & Guerra, D. (2018). Antioxidant capacity of capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh) fruit at different stages of ripening. *Ecosist. Recur. Agropec*, 35. doi 10.19136/era.a6n16.1947
- Hurtado, N., & Pérez, M. (2014). *Identificación, Estabilidad y Actividad Antioxidante de las Antocianinas Aisladas de la Cáscara del Fruto de*

- Capulí (*Prunus serótina* spp *capuli* (Cav) Mc. Vaug Cav). Información Tecnológica, 25(4), 131-140. doi:10.4067/s0718-07642014000400015
- INCAP. (Febrero de 2012). Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. México. Recuperado de <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocument/s/TablaCAAlimentos.pdf>
- Irekani (2010). *Herbario Geo. B. Hinton*. Recuperado de <http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/18323?proyecto=Irekani>
- Jiménez, A., Sánchez, M., & Martínez, M. (2012). Optimización del método captación del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) para evaluar actividad antioxidante en bebida de café. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 28. doi 10.6018/j/188731
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnología de Alimentos*, 25(4), 726-732. doi:10.1590/s0101-20612005000400016
- Larrea, J. (2012). Obtención de extractos polifenólicos a partir de uva para uso alimentario. Tesis de maestría. Recuperado de <https://hdl.handle.net/2454/6531>
- Leos, C., Rivas, C., & García, D. (2016). Actividad antioxidante y Toxicidad. doi 10.3926/oms.333
- Luna-Vázquez, F., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, A., Rojas-Molina, J., Yahia, E., Rivera-Pastrana, D., Zavala-Sánchez, Á. M. (2013). Nutraceutical Value of Black Cherry *Prunus serotina* Ehrh. Fruits: Antioxidant and Antihypertensive Properties. *Molecules*, 18(12), 14597-14612. doi:10.3390/molecules181214597

- Mansfeld, R., & Buthner, R. (2001). *Mansfeld's Encyclopedia Of Agricultural and Horticultural Crops*. Germany: Crop Plant Research. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20177200361>
- Marcano, D., & Hasegawa, M. (2002). *Fitoquímica Orgánica (Segunda ed.)*. Caracas, Venezuela: Torino.
- Masschelein, L. (2004). *Los solventes*. Santiago de Chile: DIBAM. Recuperado de [https://www.cncr.gob.cl/611/articles-4953\\_archivo\\_01.pdf](https://www.cncr.gob.cl/611/articles-4953_archivo_01.pdf)
- McVaugh, R. (1951). A revision of the North American black cherries (*Prunus serotina* Ehrh., and relatives). *Brittonia*, 7 (4), 279. doi: 10.2307 / 2804698.
- Mendoza, B., Hernández, E., Gómez, C., & Gómez, E. (2017). Alimentos funcionales de la región del Altiplano y su capacidad antioxidante. *ECORFAN*, 59. Recuperado de [https://www.ecorfan.org/proceedings/PCBS\\_TI/PCBS\\_5.pdf](https://www.ecorfan.org/proceedings/PCBS_TI/PCBS_5.pdf)
- Mier, H., & Cález, G. (2001). Contenido de polifenoles, carotenos y capacidad antioxidante en frutos de uchuva (*Physalis peruviana*) en relación a su estado de maduración. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://intelectu.unisabana.edu.co/handle/10818/33425>
- Ministerio de Cultura y Patrimonio. (2013). Quinoa y Capulí. *Patrimonio Alimentario*, 8-16. Recuperado de <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/1-Patrimonio-Alimentario-LUNES-21.pdf>
- Navarrete, C. (2017). Plan para la creación de una línea de mermeladas artesanales a base de vino tinto ecuatoriano, utilizando agar-agar e ingredientes nacionales. Tesis de grado. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7231>

- Nicoli, MC., Toniolo, R., & Anese, M. (2004). Relationship between redox potential and chain-breaking activity of model systems and foods. *Food Chemistry*, 88 (1), 79-83. doi: 10.1016 / j.foodchem.2003.12.026
- Ozores, M. (2019). Cromatografía de líquidos HPLC. Recuperado de: <http://laboratorioteccnicasinstrumentales.es/analisis-quimicos/cromatografa-de-liquidos-hplc>
- Pardo, A. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en la pulpa de maracuyá. Tesis de pregrado. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2879/1/CD000015-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>
- Petitpierre, B., Paireon, M., Broennimann, O., Jacquemart, AL., Guisan, A., & Guillaume, B. (2009). Plastid DNA variation in *Prunus serotina* var. *serotina* (Rosaceae), a North American tree invading Europe. *European Journal of Forest Research*, 128(5), 431–436. doi:10.1007/s10342-009-0287-1
- Polibotánica, R. (2012). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. *Polibotánica*. Recuperado de <https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=15779>
- Quispe, L. (2014). Evaluación de cuatro tipos de temperaturas con tres distintos tipos de empaques en cultivos de capulí (*Prunus serotina*). Tesis de Grado. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2530>
- Ramkumar, D., (2017). ¿Qué es la HPLC y cómo funciona? Science Unfiltered. Recuperado de <https://phenomenex.blog/2017/12/18/que-es-la-hplc/>
- Ramos, E., Castañeda, B., & Ibáñez, L. (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de plantas medicinales peruanas nativas e introducidas. *Revista Académica Perú Salud*, 42-43. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3716/371637117004.pdf>

- Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la sociedad química del Perú*, 74(2), 108-124. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2008000200004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200004)
- Ríos, G., & Guerrero, A. (2017). Composición y usos en productos alimenticios de granada, capulín, garambullo y saúco. *TSIA*, 8-9. Recuperado de <https://tsia.udlap.mx/composicion-y-usos-en-productos-alimenticios-de-granada-capulin-garambullo-y-sauco/>
- Rodríguez, F. (2018). Gastronomía: El capulí, la bondadosa y ancestral "Cereza del Perú". *Perú Folklórico*. Recuperado de <http://perufolklorico.blogspot.com/2018/04/gastronomia-el-capuli-la-bondadosa-y.html>
- Ruiz, N. M. L. (2016). Aplicación de la cromatografía líquida acoplada a la espectrometría de masas de alta resolución para el control alimentario y la evaluación de la exposición a contaminantes y residuos. Tesis Doctoral. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=78399>
- Ruiz, S., Venegas, E., Valdiviezo, J., Ocaña, J., & Tadeo, V. (2018). Características farmacognósticas y cuantificación espectrofotométrica de antocianinas totales del fruto de *Prunus serotina subsp. capuli* (Cav.) *McVaugh* (Rosaceae) "capulí". *Arnaldoa*, 25(3). doi:10.22497/arnaldoa.253.25309
- Sánchez, W., Murillo, E., & Méndez, J. (2010). Potencial antioxidante de residuos agroindustriales de tres frutas de alto consumo en el Tolima. *Scientia et Technica*, 138. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920977040.pdf>

- TecnoAgro. (2017). El capulín, cerezo nacional. TecnoAgro, 3-4. Recuperado de <https://tecnoagro.com.mx/noticias-del-agro/el-capulin-cerezo-nacional>
- Tovar, J. (2013). Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecorregión cafetera. Tesis doctoral. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11059/3636>
- Valenzuela, C., & Pérez, P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(2), 12–12. doi:10.4067/s0717-75182016000200012
- Villarroel, D., & Galia, J. (2008). *Determinación de la actividad antioxidante de la guinda (Prunus capulí)*. Tesis de grado Recuperado de <http://repositorio.uhcp.edu.pe/handle/UNCP/3204>
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food chemistry*, 111(4), 816-823. doi 10.1016/j.foodchem.2008.04.054
- Voet, D., & Voet, J. (2006). *Bioquímica* (Tercera ed). Buenos Aires:Panamericana.
- Wang, Y., & Pijut, P. (2014). Can *Prunus serotina* be Genetically Engineered for Reproductive Sterility and Insect Pest Resistance. *Systematic Student Review*, 2, 75-93. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s40362-014-0024-0>
- Youngson, R. (2003). Antioxidantes Y Radicales Libres. Vol. 132. Vida Natural. Colección. Vida Natural II. España. 113 Recuperado de <https://books.google.com/books>, A9-dq.

## 9. Anexos

### 9.1 Anexo 1. Generalidades del capulí



Figura 7. *Prunus serotina* var. *salicifolia*  
Freire, 2019

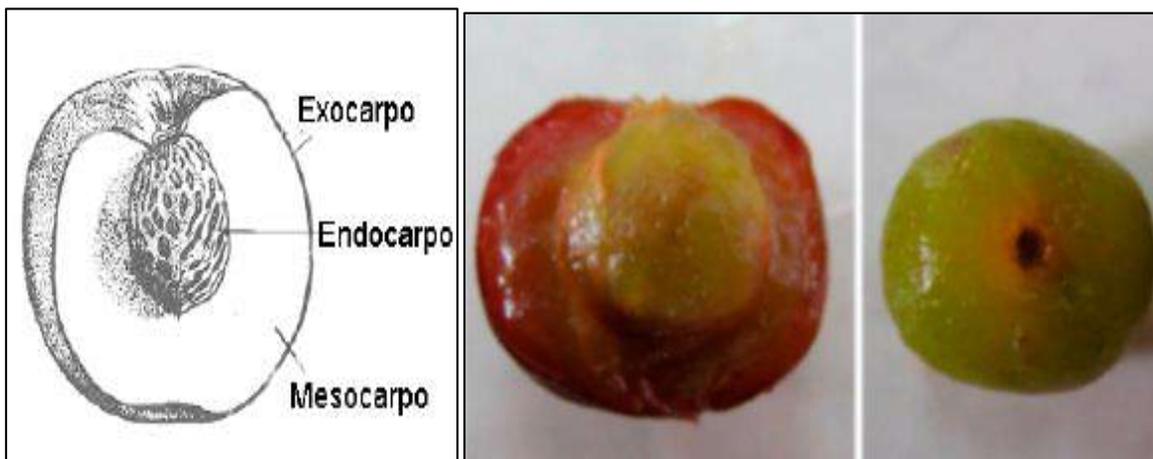


Figura 8. Exocarpo y mesocarpo del capulí.  
Ruiz, Venegas, Valdiviezo, Ocaña & Tadeo, 2018

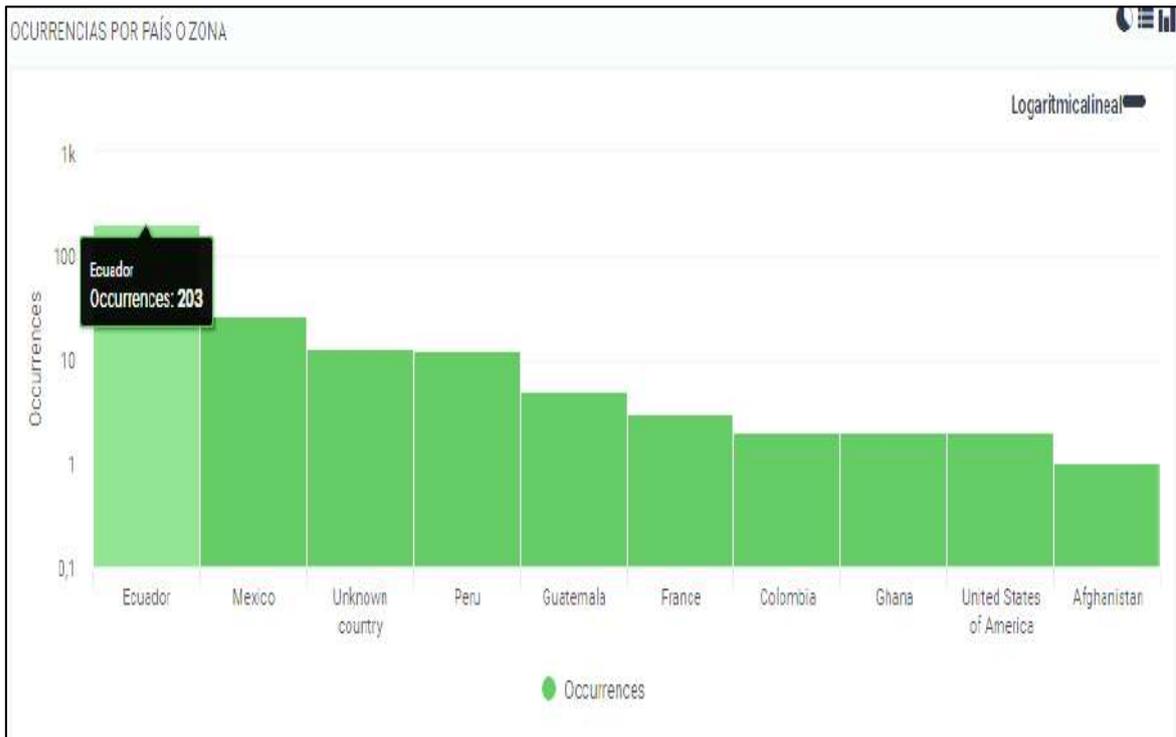


Figura 9. Ocurencia de *Prunus serotina* var. *Salicifolia*  
Global Biodiversity Information Facility, 2011



Figura 10. Registros georeferenciados de *Prunus serotina* var. *salicifolia* koehne.  
Global Biodiversity Information Facility, 2017.



Figura 11. Hojas y flores de *Prunus serotina* subsp. *capulí* (Cav.) McVaugh. Polibotánica, 2012



Figura 12. *Prunus serotina* subsp. *capulí* en Ecuador, a) árbol; b) hojas; c) tallo; d) flores y e) frutos. Borja, 2017



Figura 13. *Prunus serotina* Ehrh.  
Irekani, 2010

## 9.2 Anexo 2. Antioxidantes

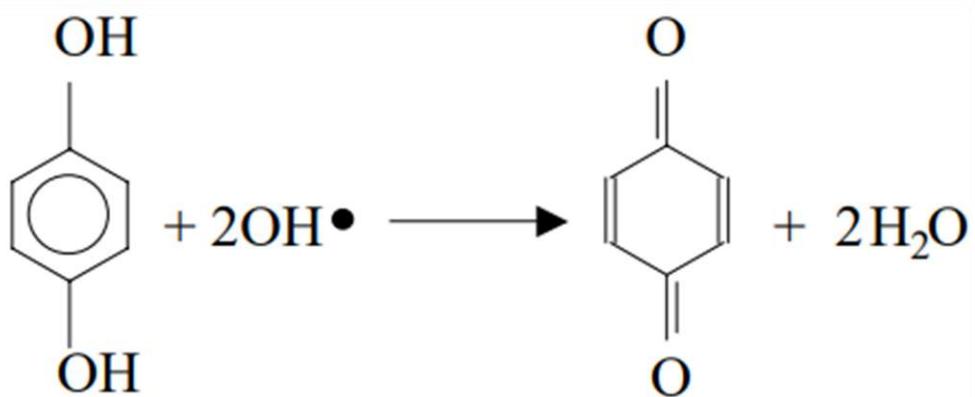


Figura 14. Mecanismo de actividad antioxidante.  
Nicoli et al. 2004

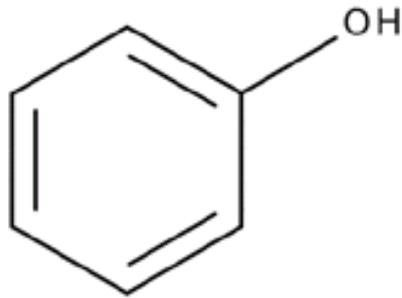


Figura 15. Estructura química del grupo fenol.  
Larrea, 2012

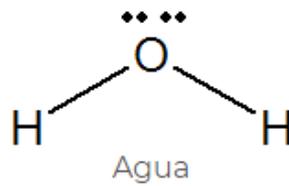
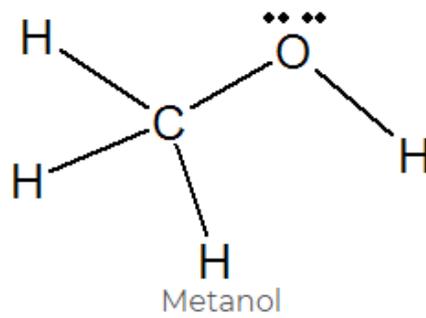


Figura 16. Estructura del metanol y el agua.  
Francis, 2006

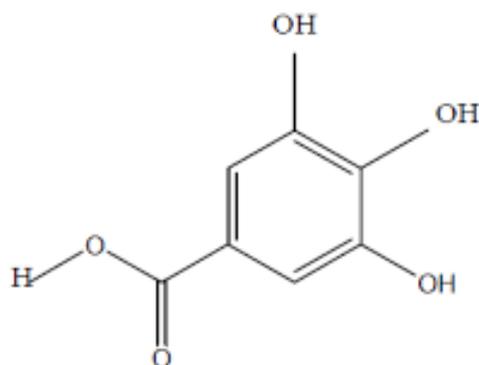


Figura 17. Ácido gálico.  
García, Fernández y Fuentes, 2015.

### 9.3 Anexo 3 Técnicas de análisis de antioxidantes



Figura 18. Mecanismo de acción del reactivo Folin-Ciocalteu. García, Fernández y Fuentes, 2015.



Figura 19. Reacción del radical DPPH-de izquierda a derecha se demuestra de menor a mayor concentración del agente oxidante. DPPH oxidado (Color morado)/ DPPH reducido (Color amarillo). Leos, Rivas y García, 2016

## 9.4 Anexo 4. Análisis del potencial antioxidante de la pulpa de capulí



**ANALYTICAL LABORATORIES**  
TESTING & CONSULTING

**INFORME DE RESULTADOS**  
IDR 25814-2019

Fecha: 16 de Agosto del 2019

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	FREIRE YAGUAL EVELYN MICHELLE					
Dirección						
Teléfono						
Contacto	Srta. Michelle Freire					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Pulpa de Capulí	Cantidad	Aprox. 25 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Frasco plástico	Fecha de recepción	05 de Agosto del 2019			
Colecta de muestra	Realizado por Cliente	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	25.0	Humedad (%)	54.5			
Fecha de Inicio de Análisis			06 de Agosto del 2019			
Fecha de Finalización del análisis			07 de Agosto del 2019			
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Limite de Cuantificación
Pulpa de Capulí	UBA-25814-1	Polifenoles Totales	Folin-Ciocalteu (Espectrofotometría)	144.86	mg/Kg	-
		Actividad Antioxidante DPPH (IC50)	(DPPH Method) (Espectrofotometría)	581.40	mg/100g	-
<b>Observaciones:</b>						
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden unicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.						
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.						
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable						
4. La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente.						

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1



Av. Carlos L. Plaza Dañin, Cda. La FAE Mz. 20 solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)  
 Conmutador: 04 2288 578 / 04 6017 745 Celular: 09 9273 7500 / 09 8478 0671  
 Email: nmontoya@uba-lab.com  
 Guayaquil - Ecuador

[www.uba-lab.com](http://www.uba-lab.com)

**CERTIFICACIÓN ELECTRONICA**  
 FIRMADO DIGITALMENTE POR: NELSON BOLIVAR MONTIYA VILLAMAR  
 Razon Social: EXCELENCIA QUIMICA DA EXCELOUMSA  
 Cargo: GERENTE GENERAL  
 Hora oficial: Ecuador: 16/08/2019 18:27

Figura 20. Análisis del potencial antioxidante de extractos metanólicos en la pulpa de capulí Freire, 2020

## 9.5 Anexo 5. Análisis del potencial antioxidante de la cáscara de capulí



**ANALYTICAL  
LABORATORIES**  
TESTING & CONSULTING

**INFORME DE RESULTADOS**  
**IDR 25815-2019**

Fecha: 16 de Agosto del 2019

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	FREIRE YAGUAL EVELYN MICHELLE					
Dirección						
Teléfono						
Contacto	Srta. Michelle Freire					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Cáscara de Capulí	Cantidad	Aprox. 25 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Frasco plástico	Fecha de recepción	05 de Agosto del 2019			
Colecta de muestra	Realizado por Cliente	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	25.0	Humedad (%)	54.5			
Fecha de Inicio de Análisis			06 de Agosto del 2019			
Fecha de Finalización del análisis			07 de Agosto del 2019			
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Limite de Cuantificación
Cáscara de capulí	UBA-25815-1	Polifenoles Totales	Folin-Ciocalteu (Espectrofotometría)	2003.20	mg/Kg	-
		Actividad Antioxidante DPPH (IC50)	(DPPH Method) (Espectrofotometría)	333.0	mg/100g	-
<b>Observaciones:</b>						
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.						
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.						
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable						
4. La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente.						

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1




Av. Carlos L. Plaza Danin, Cda. La FAE Mz. 20 solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)  
 Comutador: 04 2288 578 / 04 6017 743 Celular: 09 9273 7500 / 09 8478 0671  
 Email: nmontoya@uba-lab.com  
 Guayaquil - Ecuador

[www.uba-lab.com](http://www.uba-lab.com)

**CERTIFICACIÓN ELECTRONICA**  
 FIRMADO DIGITALMENTE POR: NELSON BOLIVAR MONTOYA VILLAMAR  
 Cargo: GERENTE GENERAL  
 Fecha oficial Ecuador: 16/08/2019 18:25

Figura 21. Análisis del potencial antioxidante de extractos metanólicos en la cáscara de capulí Freire, 2020

## 9.6 Anexo 6. Picos de cromatografía de la cáscara de capulí

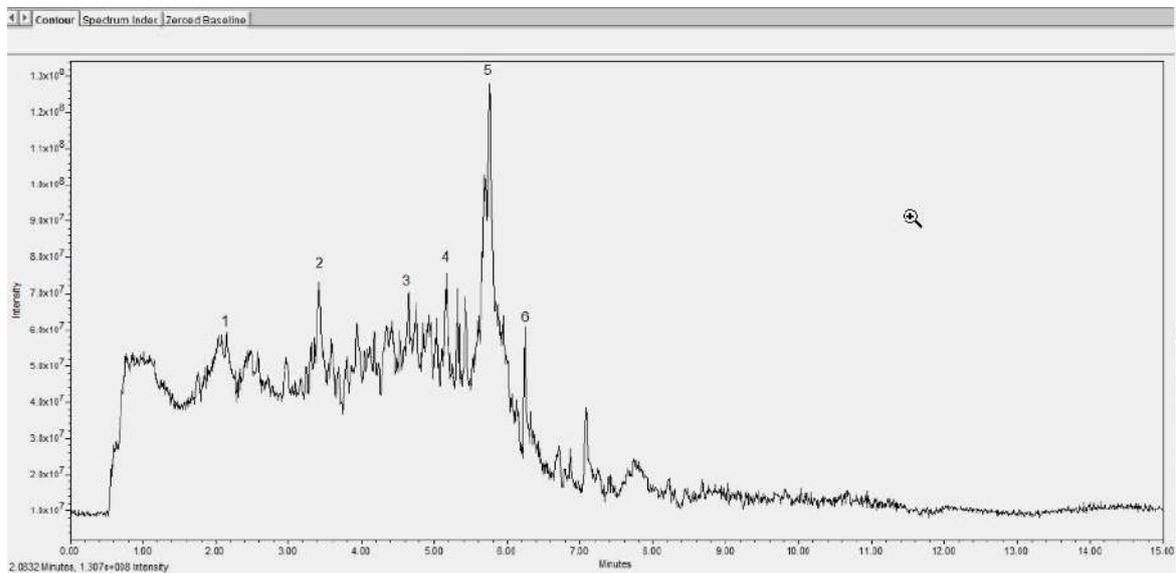


Figura 22. Espectrofotometría de masas aplicada a la cáscara de capulí Freire, 2020

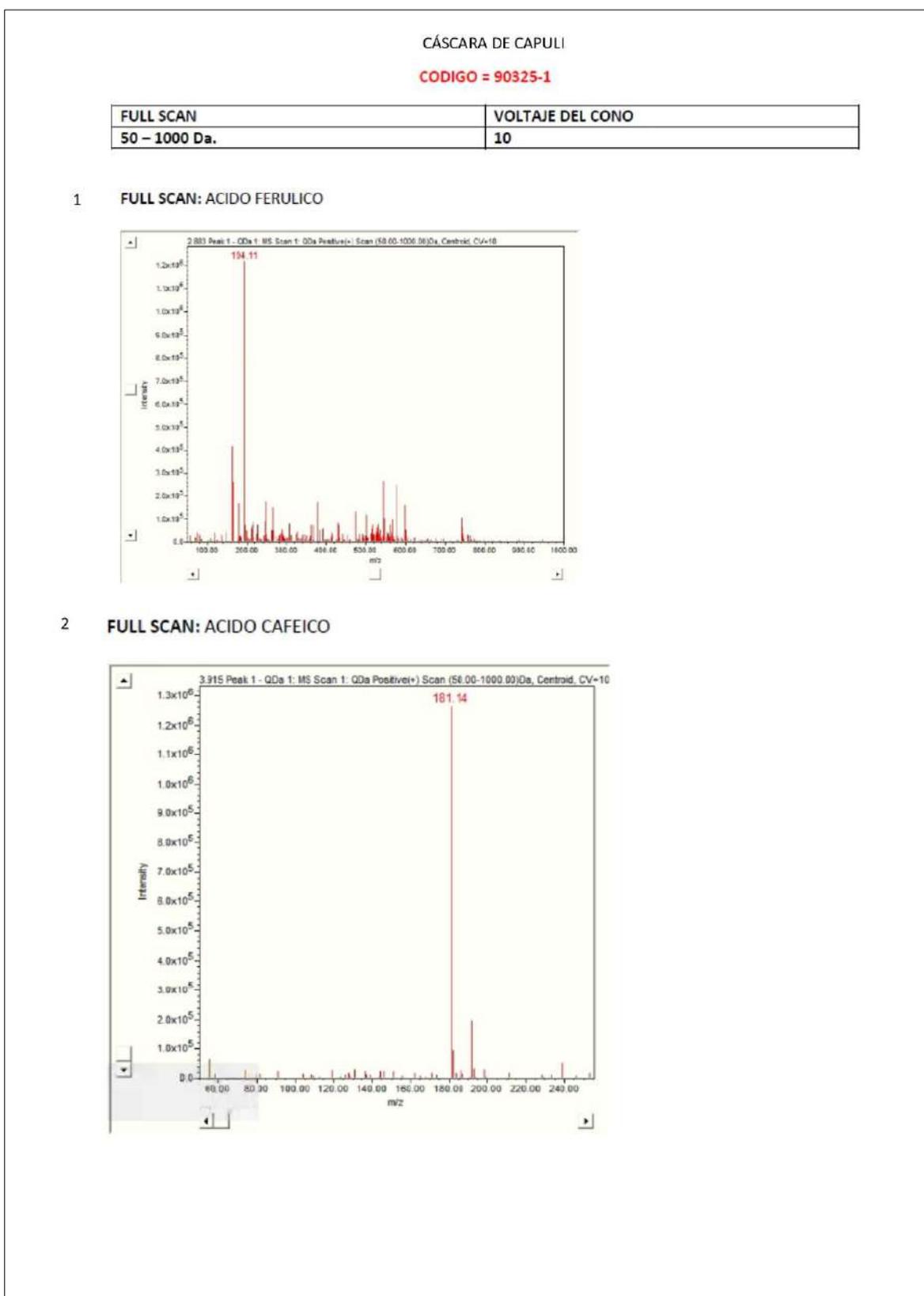
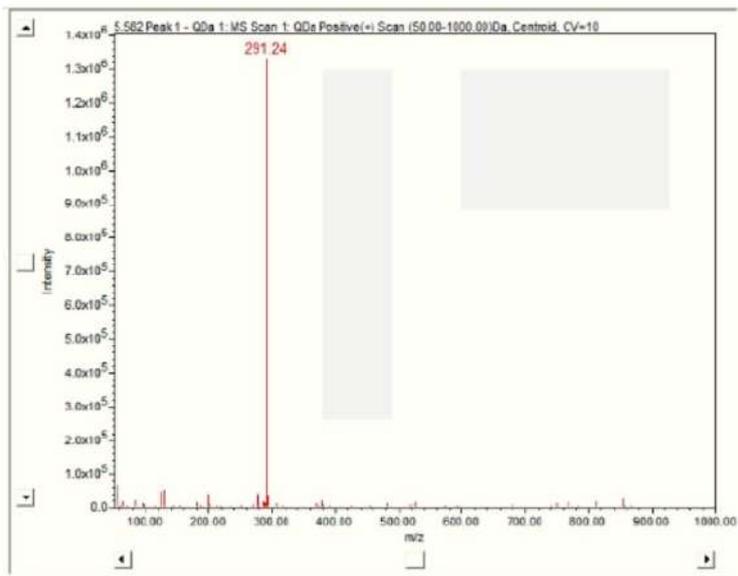


Figura 23. Pico cromatográfico de ácido ferúlico y ácido cafeico en muestra de extracto metanólico de cáscara de capulí  
Freire, 2020

## 4 FULL SCAN: CATEQUINA



## 3 FULL SCAN: CIANIDINA

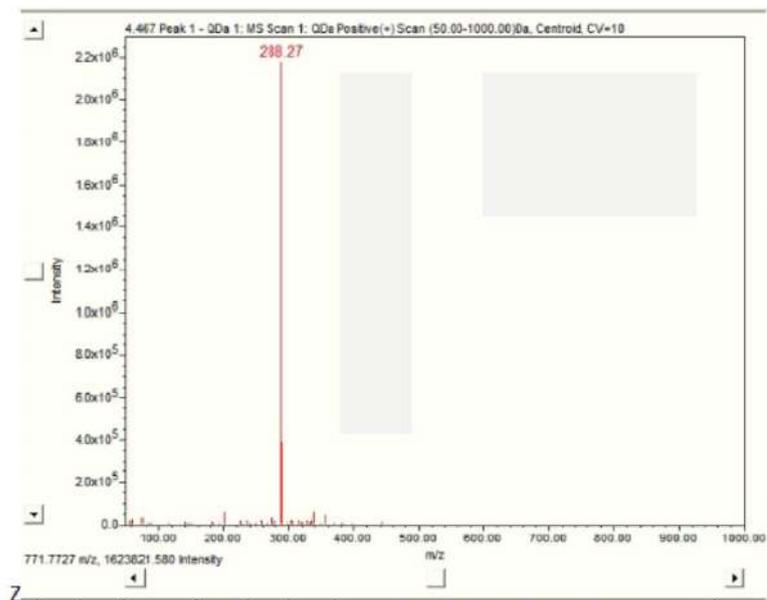
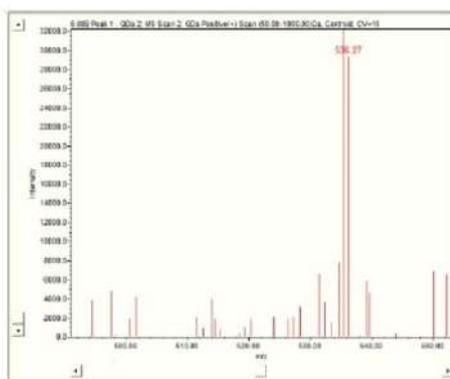


Figura 24. Pico cromatográfico de catequina y cianidina en muestra de extracto metanólico de cáscara de capulí Freire, 2020

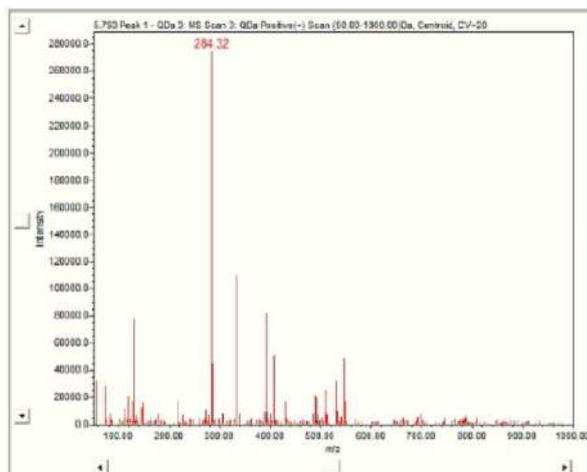
FULL SCAN	VOLTAJE DEL CONO
50 – 1000 Da.	15

## 6 FULL SCAN: BETACAROTENO



FULL SCAN	VOLTAJE DEL CONO
50 – 1000 Da.	20

## 5 FULL SCAN: UBIQUINONA



Digitally signed by MARTHA VANESSA NAVARRETE LOYOLA

Dra. Martha Navarrete

Figura 25. Pico cromatográfico de betacaroteno y ubiquinona de la cáscara de capulí  
Freire, 2020

## 9.7 Anexo 7. Picos de cromatografía de la pulpa de capulí

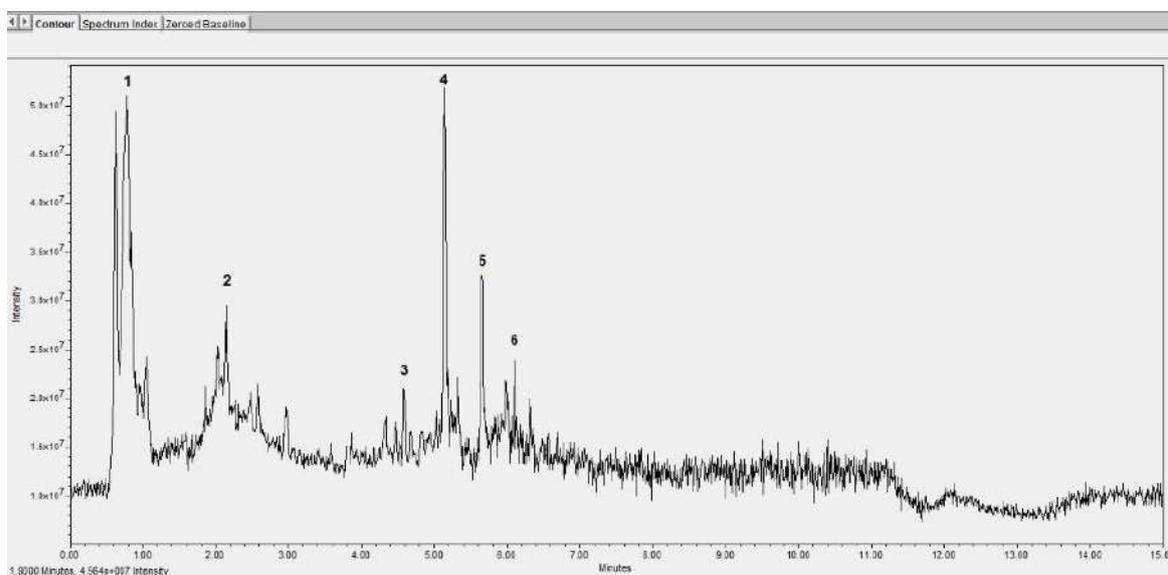


Figura 26. Espectrofotometría de masas aplicada a la pulpa de capulí  
Freire, 2020

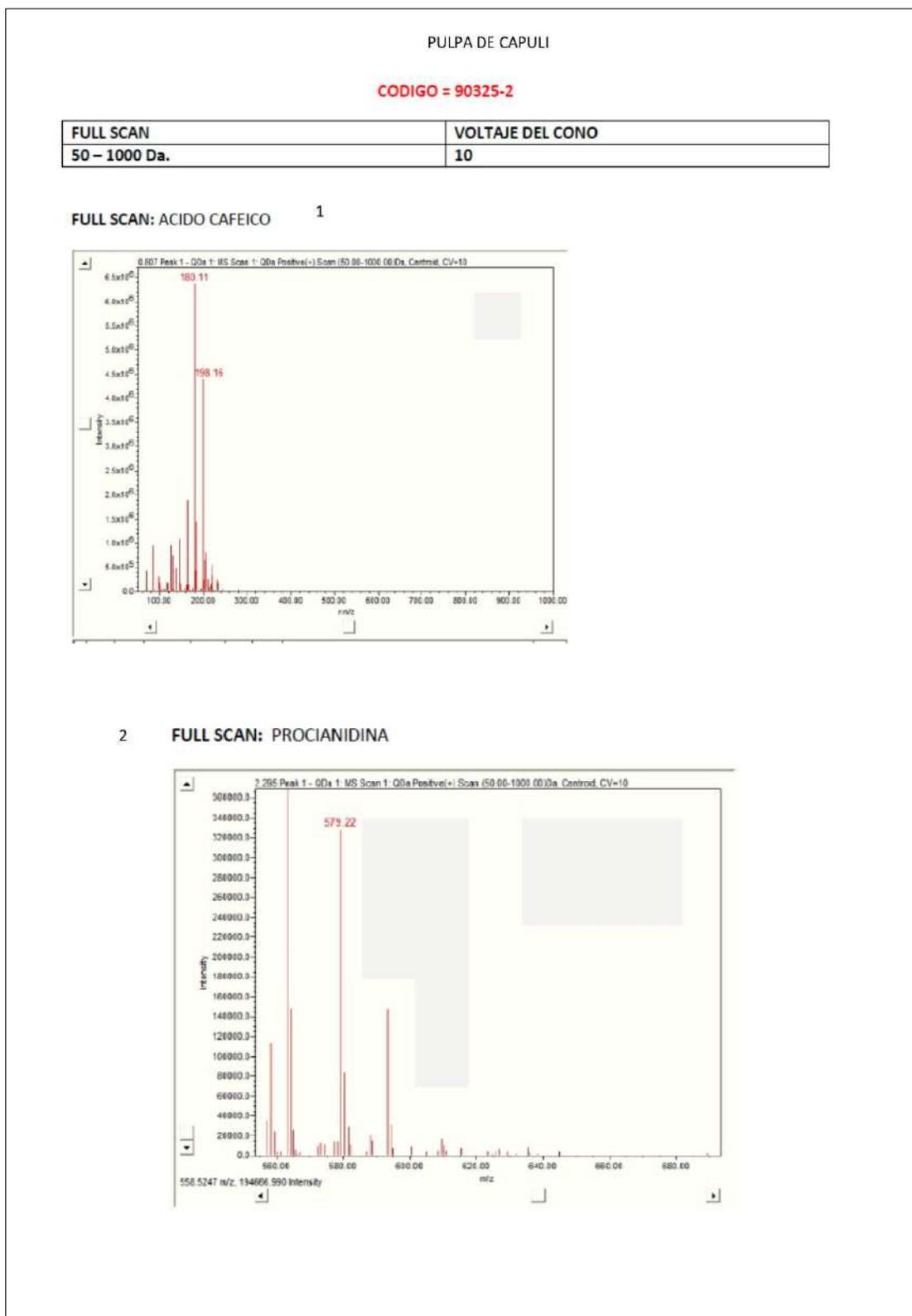
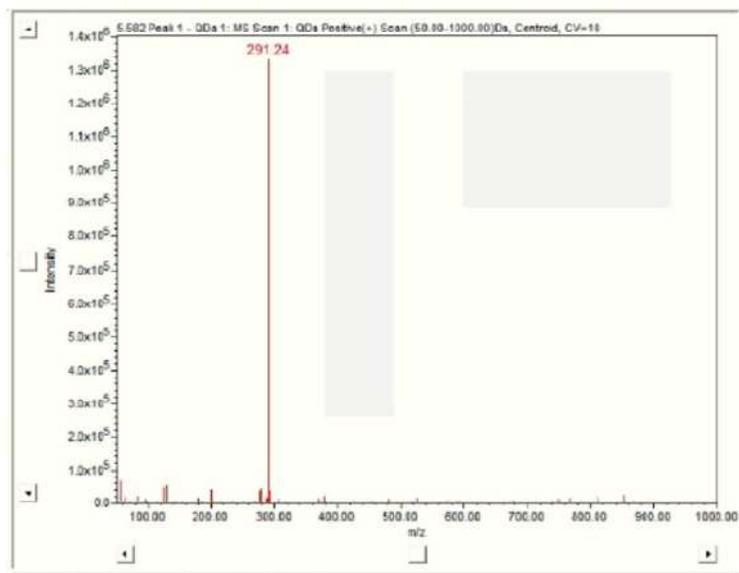


Figura 27. Pico cromatográfico de ácido cafeico y procianidina en muestra de extracto metanólico de pulpa de capulí.

Freire, 2020

## 4 FULL SCAN: CATEQUINA



## 3 FULL SCAN: CIANIDINA

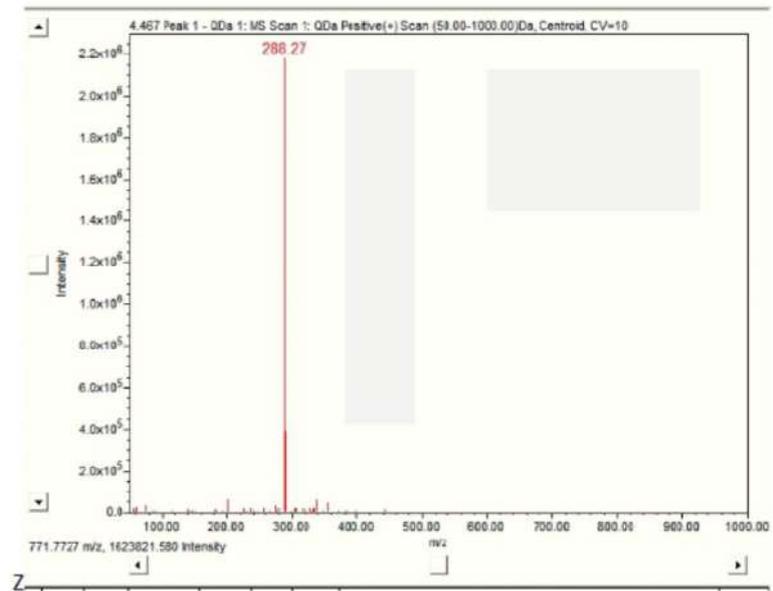
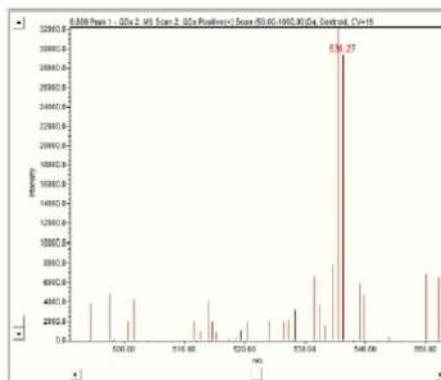


Figura 28. Pico cromatográfico de catequina y cianidina en muestra de extracto metanólico de pulpa de capulí. Freire, 2020

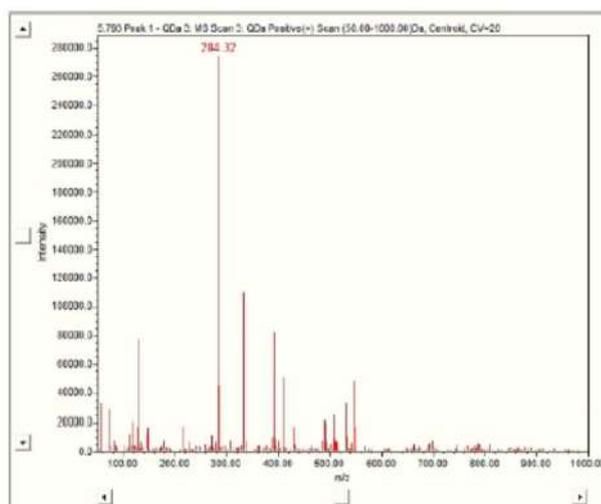
FULL SCAN	VOLTAJE DEL CONO
50 – 1000 Da.	15

6 FULL SCAN: BETACAROTENO



FULL SCAN	VOLTAJE DEL CONO
50 – 1000 Da.	20

5 FULL SCAN: UBIQUINONA



Digitally signed by MARTHA VANESSA NAVARRETE LOYOLA  
 Date: 2019.10.04 15:14:01 COT  
 Dra. Martha Navarrete  
 Gerente de Laboratorio

Figura 29. Pico cromatográfico de betacaroteno y ubiquinona en muestra de extracto metanólico de pulpa de capulí.  
 Freire, 2020