

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Aplicación de los Complejos de Quitosán-Poliácido Acrílico (CS-PAA)  
en Uva Variedad *Cabernet sauvignon*

Por:

**FERNANDO LUGO CANO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de la Aplicación de los Complejos de Quitosán-Poliácido Acrílico (CS-PAA) en Uva Variedad *Cabernet sauvignon*

Por:

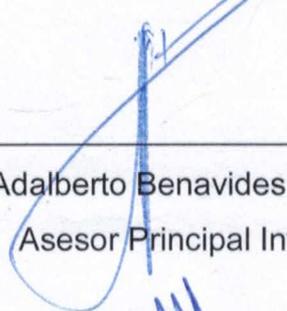
**FERNANDO LUGO CANO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

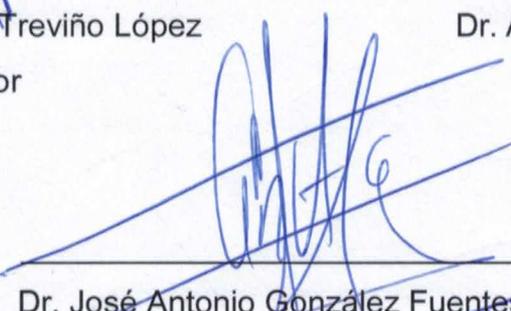
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Asesor Principal Interno

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Hortensia Ortega Ortiz  
Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Eduardo Alfonso Treviño López  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Armando Robledo Olivo  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2022

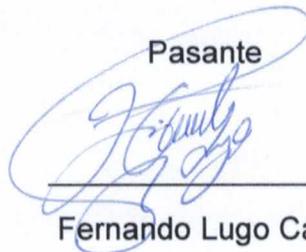
## DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Pasante



---

Fernando Lugo Cano

## DEDICATORIA

A Mi Familia

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles este trabajo que con mucho esfuerzo, esmero y dedicación he concluido.

A mi padre Catarino Lugo Esparza, mi madre María Cano Pérez, por darme la vida, apoyarme, confiar en mí y soportar mi ausencia por todo este tiempo, fueron una de las principales razones que me motivo para poder seguir adelante.

A mis hermanos Rosalba, Soledad, Jorge y Claudia Andrea Lugo, a mis sobrinos Anguie Guadalupe y Javier Valdez los cuales me apoyaron para poder concluir mi carrera profesional, estoy eternamente agradecido con cada uno de ustedes, gracias por aportar cada uno su granito de arena que me fue de mucha ayuda cuando pasaba situaciones difíciles y por su apoyo el cual me motivaba a seguir adelante y no rendirme.

Y a todos aquellos que formaron parte de este gran proyecto, quienes han sido un pilar para seguir adelante y demostrar que, con apoyo y dedicación, se pueden lograr cosas maravillosas ya que en esta vida todo es posible.

## AGRADECIMIENTOS

A Mi Alma Mater

Palabras me faltan para expresar lo mucho que estoy agradecido con la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas, brindarme cobijo y darme la grandiosa oportunidad de prepararme, apoyarme y guiarme en el camino hacia mi formación como profesional.

A todos mis maestros de la Universidad y al Departamento de Horticultura, por brindarme de sus conocimientos, su paciencia, aclarar mis dudas, sus consejos y ayudarme cada día en mi formación académica.

Al CIQA y al proyecto interno 6497, por darme la oportunidad de trabajar en sus instalaciones, el apoyo de los doctores que ahí laboran y brindarme de su conocimiento al trabajar en un laboratorio.

A mis asesores de tesis:

Dra. Hortensia Ortega Ortiz, por darme la oportunidad de trabajar con usted, su paciencia, su apoyo, su confianza, sus consejos y enseñanzas que me ayudaron a que este pequeño logro se hiciera posible.

Dr. Adalberto Benavides Mendoza, gracias por brindarme de su conocimiento en el transcurso de mi preparación, su paciencia y dedicación.

Dr. Eduardo Alfonso Treviño, por apoyarme desde el inicio hasta el final del proyecto, su confianza, y esmero en que todo saliera bien.

A las personas que me apoyaron:

Dra. Julia Medrano, por sus consejos, su conocimiento y su paciencia en el laboratorio.  
A mis amigos de la universidad

En la vida conocemos a muchas personas y entre tantas siempre coincidimos con personas especiales con las cuales hemos compartido grandes momentos y siempre están ahí. Agradezco el poder compartir aula, trabajos, viajes y un sinnúmero de experiencias inolvidables que viví dentro y fuera de la universidad, pero más que nada por brindarme su amistad, regalarme un pedacito de su tiempo, recibir sus consejos y regaños, apoyarme como una familia y hacerme sentir parte de esta misma.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes:

Juan Rafael Carranza, Emmanuel Martínez, Karina Larios, Leonor de Jesús Cortez, Omar Quintana y José Luis Velázquez.

Gracias por hacer esta experiencia aún más agradable e inolvidable, les deseo mucho éxito en sus futuros proyectos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>1.- REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
1.1. - Generalidades de la uva .....	4
1.2. - Características morfológicas.....	4
1.2.1.- Raíz.....	5
1.2.2.- Tronco.....	5
1.2.3.- Hoja.....	5
1.2.4.- Yemas.....	6
1.2.5.- Inflorescencia.....	6
1.2.6.- Fruto.....	6
1.3. - Requerimientos del cultivo .....	7
1.3.1.- Tipo de suelo.....	7
1.3.2.- Humedad del suelo .....	7
1.3.3.- pH .....	7

1.3.4.-	Temperatura.....	7
1.3.5.-	Humedad relativa .....	8
1.3.6.-	La luz o régimen luminoso .....	8
1.4.	- Calidad del fruto .....	8
1.4.1.-	Sólidos solubles totales.....	8
1.4.2.-	El índice de acidez (pH) .....	8
1.4.3.-	Acidez titulable total .....	9
1.5.	- Importancia económica del cultivo .....	9
1.5.1.-	Nivel mundial.....	9
1.5.2.-	Nivel nacional.....	9
1.5.3.-	Producción nacional.....	9
1.6.	- Uva variedad <i>Cabernet sauvignon</i> .....	10
1.7.	- Fenoles .....	10
1.8.	- Taninos .....	10
1.9.	- Carotenoides.....	11
1.10.-	Vitamina C .....	11
1.11.-	Quitosán (CS) .....	11
1.12.-	Poliácido acrílico (PAA).....	13
1.13.-	Complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos (CPEN) .....	14
1.14.-	Complejos de quitosán-poliácido acrílico (CS-PAA) .....	15
<b>2.-</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
2.1.-	Ubicación del experimento .....	16
2.2.	- Material vegetal.....	17
2.3.	- Preparación de los complejos .....	17

2.4.	- Crecimiento y desarrollo.....	18
2.6.	- Tratamientos .....	18
2.7.	- Cuantificación de fenoles .....	18
2.8.	- Cuantificación de taninos .....	19
2.9.	- Cuantificación de carotenoides .....	20
2.10.-	Vitamina C .....	20
2.11.-	pH y °Brix.....	21
2.12.-	Volumen.....	21
2.13.-	Biomasa fresca .....	21
2.14.-	Rendimiento por planta .....	21
2.15.-	Análisis estadísticos.....	22
<b>3.-</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
3.1.	- Fenoles.....	23
3.2.	- Taninos .....	23
3.3.	- Carotenoides.....	23
3.4.	- Vitamina C.....	24
3.5.	- °Brix y pH .....	24
3.6.	- Rendimiento .....	25
<b>4.-</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>5.-</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Mezcla de reacción para la cuantificación de fenoles totales.....	19
Tabla 2.- Efecto de los compuestos de quitosán en los frutos de uva var. <i>Cabernet sauvignon</i> en las variables nutraceuticas. ....	25
Tabla 3.- Efecto de los compuestos de quitosán en los frutos de uva var. <i>Cabernet sauvignon</i> en la comparación de medias de las variables volumen y tamaño de fruto, así como rendimiento por planta y por Ha. ....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de los complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos. ....	15
Figura 2.- Lote del material vegetal del experimento. ....	16
Figura 3. Viñedos de la var. <i>Cabernet sauvignon</i> del lote 9 ubicados en el rancho Don Leo. ....	17
Figura 4. Cosecha de frutos de uva var. <i>Cabernet sauvignon</i> . ....	22
Figura 5. Peso de los racimos de uva var. <i>Cabernet sauvignon</i> . ....	22

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Valle del Tunal, municipio de Parras, Coahuila, en los viñedos "Don Leo" a una altura de 2100 M.S.N.M.

El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento y calidad del cultivo de uva de vino var. *Cabernet sauvignon* asperjado foliarmente con los complejos de quitosán-poliácido acrílico (CS-PAA), así como los polielectrolitos CS y el PAA por separado. Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes: T1.- Testigo absoluto, T2.- Quitosán 0.02 M, T3.- Quitosán al 2%, T4.- Quitosán comercial marca Biorend y T5.- Complejos de quitosán-poli(ácido-acrílico).

Las plantas asperjadas foliarmente con CS-PAA presentaron un rendimiento por hectárea superior al testigo absoluto en un 14.84%, la vitamina C, el volumen, el peso fresco y rendimiento por planta, siendo también mejores a los demás tratamientos.

Todos los tratamientos fueron superiores al testigo en cuanto al contenido de los fenoles totales, los °Brix aumentaron al aplicar el Cs 2% y la concentración de los taninos con los tratamientos de Cs 2% y en los complejos de CS-PAA, en cuanto a los carotenoides con el Cs 0.02 M hubo un 23.91% más que el testigo absoluto y un 50% más que el CS-PAA, por otra parte, el pH en todos los tratamientos fue significativamente igual.

El diseño experimental fue de bloques al azar, con un análisis de varianza de 0.05 en prueba LSD Fisher, evaluados en el software Infostat 2018.

**PALABRAS CLAVE:** complejos, quitosán, poliácido acrílico, vid, calidad, rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

El estrés ambiental afecta considerablemente el desarrollo y la productividad de la mayoría de los cultivos de importancia económica, por lo que, conocer los principales factores (bióticos y abióticos) que inducen estrés en una planta, permitiría el adecuado manejo de este, incrementando el rendimiento y la eficiencia en el uso de los recursos naturales. Así mismo, para una mayor resistencia, adaptación y disminución de los efectos negativos del estrés en las plantas, es importante conocer y entender el trastorno fisiológico y bioquímico por la que las plantas atraviesan cuando se encuentran en condiciones adversas (Benavides-Mendoza, 2016).

Gracias a los avances científicos se han logrado implementar nuevas tecnologías, aplicaciones prácticas como el uso de transgénicos, cultivo de tejidos, tratamiento de semillas y el uso de los bioestimulantes entre otras, ayudando a enfrentar los problemas que se presentan hoy en día para el productor, además el uso de insumos biológicos brinda otras alternativas para la producción agrícola, cuyos efectos no deterioren el ambiente y salud de quienes practican la agricultura (Hidalgo, 2017)

Se considera bioestimulante a la sustancia que, sin ser nutriente, mejorador de suelo o pesticida al ser aplicado en cantidades pequeñas genera un impacto positivo (Meléndez, Gloria. Molina, 2002), puede contener sustancias, compuestos y/o microorganismos que ayuden a mejorar el desarrollo del cultivo y constantemente el rendimiento, mediante la estimulación de procesos naturales que beneficien el aprovechamiento de nutrientes e incrementen la resistencia a condiciones de estrés biótico y/o abiótico, cuando se aplica a la rizosfera o a las hojas. Existe una amplia variedad de productos que se consideran bioestimulantes, a pesar de los esfuerzos de aclarar y regular su estatus, la Unión Europea y Estados Unidos no han podido

tener una definición legal o reglamentaria, sin embargo, existen autores que catalogan una primera clasificación donde se incluyen sustancias húmicas, productos con hormonas y productos que constituyen aminoácidos (Alcantara, Belen, Quiñones, 2017).

El modo de acción de un bioestimulante va a depender de su composición y puede influir en el ahorro energético, como suplemento de aminoácidos de alto consumo, en la formación de sustancias biológicamente activas, en la producción de antioxidantes, como reguladores sobre el metabolismo de los microelementos, en la incrementación de los polifenoles o regulador fisiológico bajo condiciones de estrés hídrico (Meléndez, Gloria. Molina, 2002).

Dentro de los bioestimulantes se encuentra el quitosán (CS), el cual fue descubierto por Rouget en 1859, al tratar la quitina con una solución caliente de hidróxido de potasio donde obtuvo un producto soluble en ácidos orgánicos (Lares Velázquez, 2003).

Numerosos estudios demuestran la protección de los cultivos con oligosacarinas ante diferentes manifestaciones de estrés biótico y abiótico, algunos como el quitosán ejercen acción antimicrobiana directa, lo cual eleva sus aplicaciones como agente protector (Rodríguez, *et al.*, 2015).

Sus aplicaciones son variadas, dado el gran número de investigaciones que se han hecho sobre este material, no sólo en la agricultura y ganadería, sino también se aplica en química analítica, biomedicina, cosméticos, industria, dietéticos, tratamiento de aguas, solo mencionando algunas áreas ya que la lista es extensa (Lares Velázquez, 2003).

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de los complejos de quitosán-poliácido acrílico (CS-PAA) en la calidad y producción de la uva variedad *Cabernet sauvignon*.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas de vid tratadas con los complejos de quitosán-poliácido acrílico (CS-PAA) y CS aplicados foliarmente.
- Evaluar la calidad nutraceútica de la uva variedad *Cabernet sauvignon*.
- Determinar el rendimiento y la producción de racimos de las plantas de vid con los diferentes tratamientos.

## **HIPÓTESIS**

El CS, polímero natural policatiónico y el PAA polianión son capaces de formar complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos solubles (CS-PAA), por lo que son de fácil aplicación en plantas; además el CS pueden actuar por separado como bioestimulante para aumentar la producción y calidad de la uva para vinificación.

## **1.- REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1.- Generalidades de la uva**

Cultivada en el Neolítico, de origen asiático y de suma importancia en Europa de donde se empezó a dispersar a los demás continentes, Aproximadamente su inicio del cultivo es hace 6000 a.c. y hace 3000 a.c. cuando alcanzaría su máximo desarrollo siendo esa fecha la primera cosecha de vino en Súmer ubicado en la antigua Mesopotamia (Viñedo Carlos Serres, 2018b).

Los griegos y los romanos desarrollaron y expandieron el cultivo de la vid, pero los españoles fueron los encargados de traer el cultivo al continente americano.

En algunas partes del continente americano se tenía vides silvestres, pero sería Hernán Cortés quien entonces en el año 1525 como gobernante de México, ordenaría la plantación de vid traída de España. Extendiéndose con gran facilidad desde Chile, Panamá, Perú y México. A lo que la corona española evito con un decreto que duro cerca de siglo y medio temiendo que los territorios cultivados fueran autosuficientes (viñedo Carlos Serres, 2018a).

### **1.2.- Características morfológicas**

*Vitis vinífera*, perteneciente a la familia de las Vitaceae, es una planta perene, arbustiva, semileñosa y trepadora con hélices, zarcillos y un crecimiento que puede alcanzar los 30 m. sin labor cultural de poda. Con hojas grandes y flores chicas, hermafroditas que se ordenan en racimos a través de ellas, su fruto en forma de racimo considerado botánicamente como bayas de color diverso de acuerdo a la variedad, es comestible y es materia prima para la elaboración de vinos y otras bebidas de origen industrial (Mullins, Bouquet, and Williams, 2010).

### 1.2.1.- Raíz

Se pueden tener dos tipos de sistema radical dentro de la vid.

- Procedente de la radícula de la semilla. Raíz pivotante donde saldrán secundarias y terciarias y así sucesivamente. Este tipo de plantas se utilizan para mejora genética u obtención de nuevas variedades.
- De origen adventicio. Procedentes de la diferenciación de las células del periciclo. Se originan principalmente a nivel de los nudos del tallo, este tipo de multiplicación procede del estaquillado y pueden ser de dos tipos ya sea aérea o subterránea.

### 1.2.2.- Tronco

De aspecto retorcido, sinuoso y agrietado, puede estar definido según el sistema de formación, con una altura en parral de aproximadamente 2.0 m y un diámetro de 0.10 a 0.30 m recubierto por un ritidoma (corteza) que se desprende en tiras longitudinales.

### 1.2.3.- Hoja

Las hojas están insertas en los nudos. Son simples, alternas, compuestas por un pecíolo y limbo.

#### 1.2.4.- Yemas

Todas las yemas de la vid son mixtas y axilares, insertadas por el nudo por encima de la axila de inserción del pecíolo. Donde se encuentran dos yemas por nudo:

La yema normal, de forma cónica más gruesa y se desarrolla en el ciclo siguiente a su formación.

La yema pronta o anticipada que puede brotar el año de su formación, dando lugar a nietos que son de menor desarrollo y fertilidad.

#### 1.2.5.- Inflorescencia

Conocido como racimo, es un racimo compuesto se sitúa opuesto a la hoja. La flor por lo general, hermafroditas, de unos 2 mm de longitud y color verde. La flor es pentámera, formada por:

- Cáliz: constituido por cinco sépalos soldados que le dan forma de cúpula.
- Corola: formada por cinco pétalos soldados en el ápice, que protege al androceo y gineceo desprendiéndose en la floración. Se denomina capuchón o caliptra.
- Androceo: cinco estambres opuestos a los pétalos constituidos por un filamento y dos lóbulos (tecas) con dehiscencia longitudinal e intrusa. En su interior se ubican los sacos polínicos.
- Gineceo: ovario súpero, bicarpelar (carpelos soldados) con dos óvulos por carpelo. Estilo corto y estigma ligeramente expandido y deprimido en el centro.

#### 1.2.6.- Fruto

Baya de forma esférica u ovalada de tamaño variable, de un diámetro aproximado de 12 a 18 mm (Mullins, *et al.* 2010).

### **1.3.- Requerimientos del cultivo**

#### 1.3.1.- Tipo de suelo

En el establecimiento de un viñedo se debe tener en cuenta el tipo de suelo, para ello se deben evitar terrenos con mal drenaje, expuestos a heladas tardías en primavera y tempranas en otoño, suelos salinos o que recientemente hayan tenido cultivos sensibles a patógenos. En cuanto a las exigencias de los suelos se adapta bien a los suelos profundos (viejos) como los delgados (jóvenes), arenosos o arcillosos, aunque son los limosos más deseables e inclusive en suelos rocosos (Lavín A., Silva G., and Sotomayor S. 1999).

#### 1.3.2.- Humedad del suelo

La vid es capaz de soportar falta de agua, sin embargo, no todos los patrones son capaces de soportar una sequía afectando también la producción, la vid no se desarrolla bien en un terreno con alta humedad por lo que debe ser evitado (Lavín A. *et al*, 1999).

#### 1.3.3.- pH

Dentro del rango recomendable, se maneja un pH entre 6.5 a 7.2

#### 1.3.4.- Temperatura

El rango de temperatura óptima es de 18 a 24 °C, con un límite máximo de 35 a 40 °C y una mínima de 10 °C, la temperatura crítica o daño por heladas traídas es de -2°C (CIREN, 2017).

### 1.3.5.- Humedad relativa

Se estima un valor aproximadamente del 70 %, lo valores por debajo indican deshidratación de la baya de la uva (Cabello-Pasini, Macias-Carranza, and Mejía-Trejo, 2017).

### 1.3.6.- La luz o régimen luminoso

La cantidad de luz que se encuentra disponible para la planta ayuda a la producción de azúcares para el fruto, pero en exceso también puede dañar la piel de la uva dándole un sabor amargo que afectara la calidad del vino (Laboratorio and Agron n.d.).

## **1.4.- Calidad del fruto**

Dentro de la calidad que se debe de manejar en el fruto se tiene a consideración las siguientes variables: Azucares, color, tamaño del grano, pH, acides titulable y contaminantes.

Estos son considerados como los mayores indicadores de la calidad en uva para vinificación (Vila, H. F, Paladino, S. C, Nazralla, J. J. B, & Lucero, C. C. 2010).

### 1.4.1.- Sólidos solubles totales

Es un indicador del alcohol potencial del vino terminado, mientras mayor sea el valor, mayor será el alcohol obtenido, esto puede variar desde 22° Brix a 23.2°Brix para los tintos.

### 1.4.2.- El índice de acidez (pH)

La calidad de los vinos se ve reducida con niveles altos de pH en las uvas. Los valores oscilan entre 3 y 4; esto depende de la variedad y de las condiciones

ambientales del viñedo, es un parámetro muy importante ya que está relacionado con la actividad biológica y química en el vino (Nemeth, González, and Pérez, 2010).

#### 1.4.3.- Acidez titulable total

La acidez titulable (AT) nos indica en nivel de ácido y se expresa en gramos de ácido tartárico equivalente por litro de mosto (g/l) los valores son de 5 a 10 g/l, valores más bajos hace referencia a climas más cálidos y más altos en zonas frías. Contenido nutricional del fruto de la uva.

### **1.5. - Importancia económica del cultivo**

#### 1.5.1.- Nivel mundial

Dentro de la producción a nivel mundial del cultivo de la uva, se estimó un total de 77´137,016 toneladas con un rendimiento promedio de 11, 137.4 kg/ha y una superficie cosechada de 6´925,972 ha (FAOSTAT, 2019).

#### 1.5.2.- Nivel nacional

A nivel nacional se tuvo una producción de 472, 708 toneladas con un rendimiento promedio de 14,908.6 kg/ha en una superficie de 31, 707 ha (FAOSTAT, 2019).

#### 1.5.3.- Producción nacional

De acuerdo a datos de la SAGARPA (SEDER) en México un 66% de la producción es destinada para fruto de mesa, un 23% a la industria y un 11 % a uva pasa, siendo los principales productores los estados de Baja california, Zacatecas Y Aguascalientes. En el caso de las variedades para vino mexicano un 16% es *Cabernet sauvignon*; 13 % *Carignan*; 12 % *Salvador*; 10 % *Merlot*; 6 % *Chardonnay*

y *Chenin Blanc* y el 43 % restante de otras variedades (Secretaría de agricultura y desarrollo rural, 2017).

### **1.6. - Uva variedad *Cabernet sauvignon***

Es la cepa más famosa en el mundo, nació de la cruce entre *sauvignon blanc* y *cabernet franc* y tuvo lugar en Gironde al sureste de Francia hace unos tres siglos. Su rendimiento es controlado por el enólogo, y requiere una insolación mayor a 1500 horas anuales (CEDRSSA, 2017).

### **1.7. - Fenoles**

Estas moléculas son responsables de importantes propiedades sensoriales, de la evolución del vino en el envejecimiento y de las propiedades “antioxidantes” del mismo (Bordeu, 2008). Los componentes fenólicos son productos del metabolismo secundario de la planta, se caracterizan por tener un grupo fenol (anillo aromático) (Bordeu, 2008, Taiz y Zeiger, 2006) los compuestos fenólicos también se encargan del color del vino tinto, el sabor amargo, la sensación astringente y su efecto antioxidante (Bordeu, 2008. Margalit, 1997).

### **1.8. - Taninos**

Los taninos condensados son polímeros, más o menos complejos, de los flavanos-3-oles o 3-flavonales, también llamados catequinas, aunque propiamente la catequina es la unidad monomérica (Rodríguez, 2006).

Los taninos se relacionan con las condiciones de la uva en el viñedo, si las uvas maduran lentamente, el vino desarrolla taninos suaves y redondos también tienen la función de proteger al vino ya que son antioxidantes naturales, así como son buenos para nuestra salud protegiendo el sistema cardiovascular, refuerzan la vida y previenen el cáncer (Ania, 2016).

La concentración de taninos en *Cabernet sauvignon* usando el método de la metilcelulosa en Australia mostro un rango de 0.1 a 2.8 g/L con una media de 1.4 g/L, en Chile se obtuvieron entre 0.8 g/L y 0.3 g/L con una media de 2 g/L en la misma variedad (Bordeu, 2008).

En los vinos el contenido en taninos es muy variable, oscilando de 1 a 4 gr/L en los tintos y de 0.1 a 0.3 gr/L en los blancos (Rodríguez, 2006)

### **1.9.- Carotenoides**

Los carotenoides como los fenoles, son compuestos presentes en el reino vegetal y cumplen funciones básicas e indispensables en el metabolismo y salinidad de las plantas, se consideran compuestos indispensables para la vida (Jofré, *et al*, 2020), Los carotenoides se localizan en las células vegetales en el interior de orgánulos especializados, cloroplastos y cromoplastos (Mínguez Mosquera, Pérez Gálvez, and Hornero-Méndez, 2005). Fundamentalmente debido a las funciones que llevan a cabo con la fotosíntesis (captación de luz, fotoprotección), son fuente de vitamina A con actividad antioxidante en la célula al actuar en la neutralización de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno producidas como parte del metabolismo celular (Tobergte and Curtis, 2013).

### **1.10.- Vitamina C**

Se estima que en 100 g de uva se encuentran 10.8 mg de vitamina C en promedio (Balda, n.d.).

### **1.11.- Quitosán (CS)**

La quitina, debido a su extensa disposición en la naturaleza es el segundo polisacárido en abundancia (Lares Velazques, 2003) y de donde se obtiene fácilmente en gran cantidad a partir del exoesqueleto de las especies marinas, tales como las conchas de los crustáceos marinos y los camarones (Colina, *et al*. 2014).

La quitina es un polímero de N-acetil-glucosamina unido por enlaces  $\beta$  1-4, sus fragmentos (N-acetilquitooligosacáridos) están implicados en la defensa de las plantas, como inducción de fitoalexinas, lignificación, proteínas PR, la expresión de genes defensivos entre otros (Y. Nishizawa, A. Hibi, 1999) (Rodríguez, *et al.* 2015) principalmente en especies de grupos como las monocotiledóneas también se ha estudiado la activación de respuestas secundarias vinculadas a la transducción de la señal defensiva entre los que se destacan el flujo iónico y fosfórico de las proteínas, despolarización de la membrana plasmática y el flujo de iones como Cl y K+, acidificación citoplasmática, generación de especies reactivas de oxígeno y biosíntesis de ácido jasmónico (Zhao, J; Davis, L. C. 2005) (Rodríguez, *et al.* 2015).

El quitosán es insoluble en valores de pH neutro o alcalino, pero forma sales solubles en agua con ácidos inorgánicos e inorgánicos débiles, incluido el ácido glutámico, clorhídrico, láctico y acético resultando soluciones viscosas (Lima, 2006). En cuanto, a sus principales efectos, son la protección de las plantas contra los patógenos fúngicos, la mejora de la tolerancia al estrés abiótico (sequía, salinidad, estrés por frío) y la producción de compuestos relacionados con el metabolismo primario y secundario de las plantas (Alcantara, Belen. Quiñones, 2017), Se ha investigado que al tratar semillas con quitosán, estas al germinar presentan ausencia de cargas fúngicas actuando como fungicida y protegiendo las semillas y las plántulas (Mendoza, *et al.* 2004).

La actividad antimicrobiana del quitosán contra una amplia gama de hongos filamentosos transmitidos por los alimentos, levaduras y bacterias lo ha convertido en un posible conservador de alimentos de origen natural (Sagoo y otros 2002) (No, *et al.* 2007). El quitosán también posee propiedades de barrera y de formación de películas o revestimientos comestibles (Botler y otros, 1996) (No *et al.*, 2007) por lo cual lo hacen ideal para su uso como material de envasado antimicrobiano biodegradable que se puede utilizar para mejorar la capacidad de almacenamiento de alimentos perecederos. El quitosán ha sido aprobado como aditivo alimentario en Corea y Japón desde 1995 y 1983 (Weiner 1192; KFSA 1995) (No, *et al.*, 2007) respectivamente en los Estados Unidos, fue presentado ante la FDA para

considerarlos como GRAS (generalmente reconocido como seguro), basado en los procedimientos científicos como aditivo alimentario y sus aplicaciones en los sistemas alimentarios (No, *et al*, 2007).

El quitosán posee tres características primordiales que lo hacen deseable en este campo, el crecimiento y rendimiento de cultivos probados, causa la inducción defensiva y de resistencia contra patógenos en las plantas donde se aplica y a diferencia de otros oligosacáridos estudiados, provoca la inhibición del crecimiento y desarrollo de macroorganismos. (Rodríguez, *et al*. 2015). Algunos autores plantean la influencia positiva sobre el crecimiento relacionado con un efecto antitranspirante, el cierre estomático inducido por el quitosano a través de un mecanismo dependiente de ABA participa en la protección contra el estrés ambiental conferida por este bioestimulante (Alcantara, Belen, Quiñones, 2017).

Es un biopolímero susceptible a cambios estructurales, debido a la gran cantidad de grupos reactivos como los hidroxilos y los amino, que caracteriza su fuerte afinidad por las moléculas polares, como polimerización el quitosán puede formar complejos (Lima, 2006).

El quitosán parece ser prometedor debido a su bajo costo para los cultivos que se encuentren en condiciones de estrés, así como en variedades de cultivos que tengan propiedades organolépticas interesantes en un futuro. Numerosas investigaciones han demostrado claramente que el quitosán se puede utilizar como un conservante o material de recubrimiento eficaz para mejorar la calidad y la vida útil de varios alimentos de origen agrícola, avícola y mariscos (No, *et al.*, 2007).

### **1.12.- Poliácido acrílico (PAA)**

El poliácido acrílico (PAA) es un polímero sintético que actúa como agente quelante, como dispersante de pigmentos inorgánicos, como floculante y como adhesivo (Mendoza, 2004); es soluble en agua, dioxano, etanol, metanol y alcohol isopropílico e insoluble en benceno, acetona entre otros obtenido por polimerización vía radicales libres del ácido acrílico. El poliácido acrílico se caracteriza por ser compatible con biomateriales, teniendo también amplias aplicaciones como

espesante en pinturas, en el campo de los adhesivos, en formulaciones farmacéuticas, en cosmética y en agricultura.

Así, se ha mostrado un gran interés en su uso en diversas aplicaciones, y entre los usos más interesantes se encuentra la fabricación de ojos artificiales, lentes de contacto y dentaduras postizas artificiales, ya que no provoca irritación ni sensibilización a la piel y a los ojos (Lima, 2006).

Se ha demostrado que la cantidad de PAA alimentada en una síntesis de hidrogeles es determinante en su grado de hinchamiento y en la capacidad de interacción con los iones metálicos (Mohsin, Mostue, and Rojas, 2008).

### **1.13.- Complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos (CPEN)**

El polielectrolito es una macromolécula que al contacto con el solvente puede generar cargas distribuidas, en estado no disociado es igual a otra molécula, pero cuando disocia hay un cambio sumamente importante ya que, pueden presentarse diferentes tipos de interacciones como inter o intramoleculares gracias a la densidad de carga generada (Jim, 2017).

Una propiedad esencial de los polielectrolitos (PE) que participan en las reacciones inter poliméricas es la fuerza de ambos, el poliácido y la polibase, que viene dada por sus respectivas constantes de disociación características ( $K_0$ ). La formación de los complejos interpolielectrolíticos es debido a la atracción electroestática de dos polielectrolitos con cargas opuestas como fuerza conductora del proceso (Lares Velázquez, 2003), y trae como resultado modificación fisicoquímica diferente de cada macromolécula implicada, sus estructuras dependen de las características de los PE precursores (Jim, 2017).

Los CPE se clasifican en dos principales complejos, estequiométricos obtenidos a partir de proporciones equimolares de los polímeros y no estequiométricos los cuales traen un exceso de uno de los polímeros (Jim, 2017).

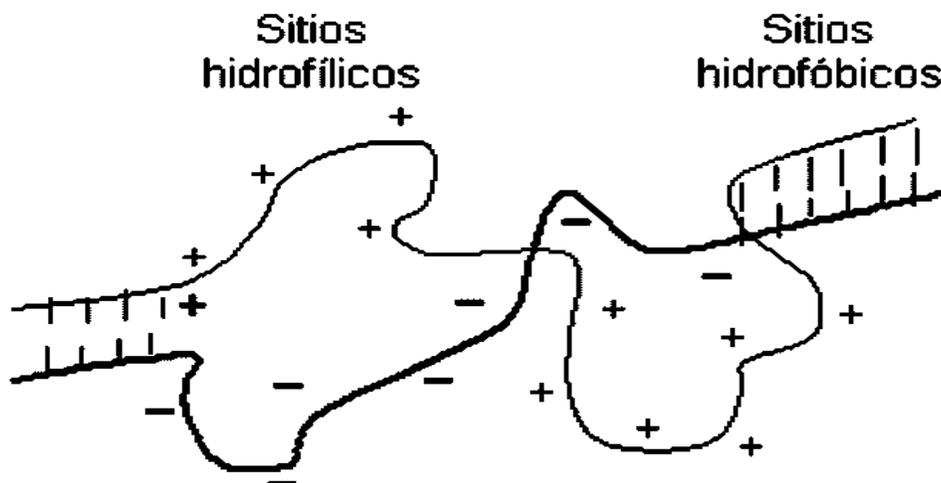


Figura 1. Representación de los complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos.

#### 1.14.- Complejos de quitosán-poliácido acrílico (CS-PAA)

En la actualidad se requieren nuevas tecnologías con propiedades que no se encuentren en materiales convencionales, la elección de estos ha llevado al desarrollo de complejos polielectrolíticos de materiales poliméricos de interés científico y tecnológico (Lima, 2006).

Dado a su naturaleza policationica, el quitosano ha sido usado para acomplejar proteínas acidas en gran variedad de fluidos biológicos los cuales se manipulan con gran facilidad (Hilario S, *et al.* 1997. Láres Velázquez, 2003).

La formación de estos complejos depende directamente del grado de ionización del polímero catiónico y aniónico (pH y fuerza iónica de las soluciones), densidad de sus cargas (conformaciones de cadena) y sus concentraciones (Lima, 2006).

Es recomendable su aplicación foliar en las semillas de lechuga, cebolla y tomate para incrementar la tolerancia al estrés biótico (Mendoza, *et al.* 2004).

Así mismo los complejos de Cs-PAA pueden ser benéficos en los procesos de biofortificación ya que incrementa la absorción de Se, incrementa la actividad enzimática antioxidante de CAT y GPX (Leija Martínez, *et al.* 2018).

## 2.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1.- Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en los viñedos “Don Leo” ubicados a un costado de la carretera General Cepeda-Parras de la Fuente, en el Valle del Tunal, municipio de Parras, Coahuila, con coordenadas 25°17'01'' N, 101°54'44'' W, a una altura de 2100 M.S.N.M.

Se trabajó con el lote 9 donde se contaba con una densidad de plantación de 4816 plantas en 2.2 ha.



Figura 2.- Lote del material vegetal del experimento.

## 2.2. - Material vegetal

Se utilizaron plantas de la variedad *Cabernet sauvignon* originaria de Francia con portainjerto S04 CL 203, con año de plantación del 2010.



Figura 3. Viñedos de la var. *Cabernet sauvignon* del lote 9 ubicados en el rancho Don Leo.

## 2.3. - Preparación de los complejos

Quitósán al 2%, se preparó disolviendo 20 g de quitósán en un litro de solución acidificada con ácido clorhídrico 0.1N.

Quitósán 0.02 M, solución de quitósán marca Meron a una concentración 0.02 molar en ácido clorhídrico 0.1N.

El CS comercial "Biorend" se usó según recomendaciones del proveedor preparando una solución 1:10 en agua destilada.

Los complejos de quitósán-poli (ácido acrílico) se prepararon mediante la mezcla de CS 0.02 M y PAA 0.02 M con una composición  $\phi=3$  según la concentración de los polielectrolitos  $\phi= [+]/ [-]$ .

## **2.4.- Crecimiento y desarrollo**

Durante las aplicaciones de los tratamientos no se intervino en el manejo cultural, control de plagas y enfermedades ni en la fertilización de la vid, solo se tomaron muestras de la baya en cada aplicación para medir los °Brix, el pH y la acidez.

Durante los días sábado 22 de junio se presentó una tormenta con granizo y el jueves 27 una tormenta con lluvia, con una temperatura promedio de 26°C.

## **2.6.- Tratamientos**

Las aplicaciones se realizaron vía aspersion foliar cubriendo toda la parte vegetativa de la planta, yemas y racimos una vez por mes. Se evaluaron 5 tratamientos:

T0.- Testigo absoluto.

T1.- Quitosán 0.02 M.

T2.- Quitosán al 2%.

T3.- Quitosán comercial marca Biorend.

T4.- Complejos de quitosán-poliácido-acrílico (CS-PAA)

## **2.7.- Cuantificación de fenoles**

Para la extracción metanólica se pesaron 100 mg de tejido vegetal liofilizado en una balanza analítica, posteriormente se colaron en tubos Eppendorf de 2 mL, con una micropipeta se agregaron 2 mL de la solución 1:1 de agua: acetona, se sometió a vortex por 10 segundos. y se sónico durante 5 min, finalmente, se centrifugo a 12,000 rpm durante 10 min a 4°C. En la preparación de la curva de calibración se utilizó como estándar ácido gálico de la cual se preparó una solución madre a 400 ppm para obtener concentraciones de 25, 50, 100, 200, y 400 ppm de ácido gálico, hasta obtener un volumen total de 10 mL con acetona.

Tabla 1. Mezcla de reacción para la cuantificación de fenoles totales

Reactivos	Blanco	Muestra
Extracto fenólico (mL)	0	0.050
Solución agua: acetona	0.050	0
Folin ciocalteu (mL)	0.2	0.2
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (mL)	0.5	0.5
Agua destilada	5	5

En tubos de ensayo se le agregan 50 µL del extracto fenólico (sobrenadante), 200 µL del reactivo folin ciocalteu 1M, 500 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 mL de agua destilada y se colocó a baño María por 30 min a 45°C. El blanco se prepara con 50 µL de la solución agua: acetona, 200 µL del reactivo Folin Ciocalteu 1M, 500 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y 5 mL de agua destilada. Las muestras y los blancos se leerán a una longitud de onda de 750 nm en el espectrofotómetro (Sultana, *et al.* 2009).

## 2.8. - Cuantificación de taninos

Extracción metanólica. Para llevar a cabo la extracción de taninos condensados se pesaron 100 mg del tejido vegetal liofilizado, posteriormente se adicionaron 2 mL de metanol al 100%, esto fue sometido a vortex por 1 min, sonicado por 10 min y centrifugado a 12000 rpm a 4°C por 10 min.

Cuantificación de taninos condensados. Para la cuantificación de taninos condensados se hizo de acuerdo a la metodología descrita por Feregrino Pérez y colaboradores (2018) en microplaca. Se hizo una curva de calibración utilizando concentraciones de 0.8, 0.6, 0.4, 0.2 y 0.1 mg/mL de (+) catequina. Se colocaron 50 µL de cada concentración en la celda de 96 pozos, se adicionaron 200 µL de la solución 1:1 de HCl 8%: Vainillina de 50 µL en 50 µL a cada uno de los pozos hasta a completar los 250 µL. Al blanco se le adicionaron 50 µL de metanol más 200 µL de HCl 4%. Para las muestras se tomaron 50 µL de extracto metanólica (sobrenadante) y se colocaron en los pozos, posteriormente se adicionaron 200 µL

de la solución 1:1 de HCl al 8% y vainillina (debe adicionarse de 50  $\mu$ L en 50  $\mu$ L en cada uno de los pazos hasta completar los 200  $\mu$ L protegiendo las muestras de oxígeno y luz). Posteriormente se leyó a una absorbancia de 540 nm en el espectrofotómetro.

## **2.9.- Cuantificación de carotenoides**

En una balanza analítica se pesaron 100 mg del tejido vegetal liofilizado, posteriormente se agregaron 2 mL de la mezcla hexano acetona (1:4), la acetona debe contener 1% del antioxidante BTH. Una vez obtenido el sobrenadante se lavó con 2 mL con sulfato de sodio (5%). Se sometió a vortex por 1 min para separar las dos fases, tomando la fase no acuosa para colocar las muestras en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 450 nm. Previamente se trazó la curva de calibración con  $\beta$ -caroteno a 0.5, 1, 1.5, 2.0 y 5 mg L<sup>-1</sup> (Sogi, *et al.*, 2012, Davis, *et al.*, 2007).

## **2.10.- Vitamina C**

La extracción se realizará pesando de 100 mg de tejido liofilizado y macerado. Posteriormente se la agregará 2 mL de la mezcla agua: acetona 1:1. Se someterá a Vortex por 30 segundos, posteriormente se coloca en el sonicador por 5 min y se centrifugará a 12000 rpm a 4 °C y finalmente se extraerá el sobrenadante y será filtrado filtros pirinola de 0.45  $\mu$ m de diámetro (Yu & Dahlgren, 2000).

La cuantificación fue llevada a cabo mediante el uso del cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) Varian®, bajo las siguientes condiciones: longitud de onda 230 nm, fase móvil NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 50 mM pH 2.8/ acetonitrilo en una proporción 80:20, flujo de 1.0 mL/min, la columna utilizada fue una aquasil C-18 a una temperatura de 60 °C. Las unidades fueron reportadas en mg/kg.

### **2.11.- pH y °Brix**

Se tomó la lectura del extracto de 15 bayas en un medidor portátil de pH y C.E. de la marca HANNA modelo HI 98130. Para los °Brix Se maceraron 15 bayas por repetición para obtener una mezcla homogénea de jugo y posteriormente leer en el refractómetro digital portátil.

### **2.12.- Volumen**

En una probeta de 100 mL se colocó un volumen conocido de agua (30mL) seguido de ahí se colocaron 10 uvas desplazando el volumen de agua conocido, se calculó el volumen de las uvas según la ecuación siguiente:

$$V.C. - V.D. = V. uvas$$

### **2.13.- Biomasa fresca**

Se determinaron tomando 10 uvas con semillas recién cortadas para pesarlas en una balanza digital marca Ohaus.

### **2.14.- Rendimiento por planta**

Se contabilizó el peso de los racimos por planta (kg) de cada tratamiento, utilizando una balanza digital con una capacidad de 25 kg marca TRUPER.



Figura 4. Cosecha de frutos de uva var. *Cabernet sauvignon*.



Figura 5. Peso de los racimos de uva var. *Cabernet sauvignon*.

## 2.15.- Análisis estadísticos

Para las variables evaluadas se consideraron 4 repeticiones, cada repetición consta de 5 plantas por cada tratamiento. Se usó un diseño de bloques al azar con un análisis de varianza al 0.05 en prueba tukey, evaluados en el software Infostat V. 2018.

### **3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1.- Fenoles**

Mediante el Análisis de Varianza (ANVA) se observó que la concentración fenólica fue mayor en todos los tratamientos en comparación al testigo absoluto, los fenoles totales de la uva sin semilla oscilan entre 40.23 y 69.34 mg/L de uva (Tabla 2) o 804.52 y 1386.77 mg/Kg, esto puede deberse a que en los hollejos se puede encontrar alrededor de 12 % de los polifenoles totales de la uva, a comparación de las semillas en donde está el 65 % (Hidalgo, 2003; Rodrigo Andrés 2004).

#### **3.2.- Taninos**

Los tratamientos que tuvieron mayor concentración de taninos obtenidos en la uva var. *Cabernet sauvignon* sin semilla fueron el T3 y T5 (Cs 2% y CS-PAA), con 2.57 veces más concentración, seguido del producto comercial Biorend y el Cs 0.02 M los cuales tuvieron 2.12 veces más en comparación con el testigo, en el caso de los taninos en su mayoría se encuentran en las semillas y solo el 4% aproximadamente en los hollejos ( Flanzy, 2000; Rodrigo Andrés, 2004).

#### **3.3.- Carotenoides**

En la concentración de carotenoides hay diferencia significativa en todos los tratamientos, siendo el T2 (Cs 0.02 M) el de mayor contenido teniendo 0.46 mg/L o 9.30 mg/Kg en uva sin semilla var. *Cabernet sauvignon*, aunque no se encontró literatura sobre el porcentaje de carotenoides en uva de vino, se estima que en la uva comercial se encuentra un aproximado de 6.03 mg/Kg de carotenoides

(Mínguez Mosquera, et. al, 2005). Al igual que la vitamina C está muy poco presente, esto puede deberse a que hay factores que influyen en su degradación como por ejemplo estructura del carotenoide, exposición a la luz, actividad de agua, temperatura, presencia de oxidantes o antioxidantes, presencia de sulfitos, etc. Meléndez-Martínez, Antonio J., Vicario, Isabel M., & Heredia, Francisco J. (2004).

### **3.4.- Vitamina C**

Se observó en base a la comparación de medias, que al aplicar foliarmente el tratamiento CS-PAA (T5) en uva variedad *Cabernet sauvignon* se obtiene 4.97 mg/100 g de vitamina C, siendo el de mayor concentración en comparación con los demás tratamientos (Tabla 2). Debido a que la vitamina C es un compuesto volátil en el vino no se encuentra, pero en la uva de mesa se reporta 10.8 mg de vitamina C /100 g de fruto (Banda, n, d.).

### **3.5.- °Brix y pH**

En cuanto al pH, se puede observar que no se tuvo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos aplicados sobre vid var. *Cabernet sauvignon*, así mismo se mantuvo el rango establecido para producir vino de calidad de acuerdo a los estándares establecidos para la vinificación (Chivite, 2005). Los frutos cosechados en plantas sometidas a la aplicación foliar Quitosán al 2 % (Cs 2%) presentaron la mayor acumulación de °Brix (Tabla 2), esto puede deberse a que el quitosán por sí solo posee propiedades relacionadas con el crecimiento, absorción de nutrientes y mejora en la calidad de frutos cuando se aplica en dosis de 200 a 300 mg ha<sup>-1</sup> (Reyes-Pérez, et al. 2019).

Tabla 2.- Efecto de los compuestos de quitosán en los frutos de uva var. *Cabernet sauvignon* sobre las variables nutraceuticas.

Tratamiento	Fenoles (mg/L)	Taninos (mg/L)	Carotenoides (mg/L)	Vitamina C (mg/100 g)	pH	° Brix
T.A.	40.23 b	0.57 d	0.35 bc	4.22 b	3.82 a	20.63 b
Cs 0.02 M.	60.71 a	1.09 c	0.46 a	3.96 b	3.85 a	19.50 b
Cs 2%	59.58 a	1.43 a	0.31 cd	3.75 b	3.83 a	22.50 a
Biorend	69.34 a	1.21 b	0.41 ab	3.68 b	3.90 a	21.00 b
CS-PAA	61.27 a	1.51 a	0.23 d	4.97 a	3.87 a	20.50 b
ANVA	0.0007	0.0001	0.0001	0.0068	0.3428	0.0834
CV	12.50	5.06	14.75	10.87	6.56	7.11

Nota:  $\leq 0.05$  y  $0.01$  = significativo;  $\geq 0.05$  = no significativo. ANVA = Análisis de Varianza, las letras a y b son las categorías de acuerdo a la prueba LSD Fisher  $P \leq 0.05$ , CV= Coeficiente de Variación.

### 3.6.- Rendimiento

Mediante un Análisis de Varianza (ANVA) se observó que las plantas de uva de la var. *Cabernet sauvignon* que fueron asperjadas foliarmente con los complejos de quitosán-poliácido acrílico (T5), presentaron valores mayores en cuanto a volumen, peso fresco del fruto, rendimiento por planta y por hectárea (Tabla 3), estos resultados se pueden deber a que los complejos de quitosán poliácido acrílico (CS-PAA) los cuales son complejos interpolielectrolíticos no estequiométricos (CEPN) además de poseer las propiedades de estos, tienen la ventaja de mejorar las propiedades que posee individualmente cada polímero y pueden ser aplicados al suelo o agua sin riesgo de contaminación ya que son totalmente biodegradables (Adalberto, Benavides; D, Burgos; H, 2007), dicho de otra forma, el usar un Poliácido acrílico (PAA) acomplejado con Quitosán aumenta las características este polímero. En algunas investigaciones se describe el resultado al utilizar estos complejos de

quitosan, aumentando el crecimiento y la cantidad de carbohidratos en **Agave tequilana** al ser aplicado por aspersion directa, nebulización, en medios de cultivo in vitro o por inmersión (Mendoza, 2013), de la misma manera, (Carlos Daniel, 2005). menciona el aumento en el rendimiento por planta en tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) cultivado en suelo calcáreo usando complejos de CS-PAA. Los demás tratamientos aplicados no tuvieron diferencia significativa en comparación al testigo, dándonos a entender que el CS-PAA ayuda a aumentar el rendimiento en el cultivo de vid var. *Cabernet sauvignon*.

Tabla 3.- Efecto de los compuestos de quitosán en los frutos de uva var. *Cabernet sauvignon* en la comparación de medias de las variables volumen y tamaño de fruto, así como rendimiento por planta y por Ha.

Tratamiento	Volumen (mL)	Peso fresco (mg)	Rendimiento (kg/PI)	Rendimiento (Ton/Ha)
Testigo	9.53 b	13.85 b	4.22 b	9.57 b
Absoluto				
Cs 0.02 M.	10.1 b	15.33 b	3.96 b	8.72 b
Cs 2%	10.2 b	14.50 b	3.75 b	8.26 b
Biorend	10.5 b	15.33 b	3.68 b	8.11 b
CS-PAA	13.6 a	16.00 a	4.99 a	10.99 a
ANVA	0.0001	0.0610	0.0216	0.0111
CV	6.10	6.59	12.88	11.90

Nota:  $\leq 0.05$  y  $0.01$  = significativo;  $\geq 0.05$  = no significativo. ANVA = Análisis de Varianza, las letras a, b y ab son las categorías de acuerdo a la prueba LSD Fisher ( $P \leq 0.05$ ).

#### 4.- CONCLUSIONES

- La aplicación foliar de los complejos de quitosán-poliácido acrílico (CS-PAA) en la vid variedad *Cabernet sauvignon* aumentaron el contenido de vitamina C, el volumen de las bayas del fruto, el peso fresco y el rendimiento por planta, el rendimiento por hectárea fue superior al testigo absoluto en un 14.84%, siendo también mejores en los demás tratamientos.
- El contenido de los fenoles totales fue más alto en todos los tratamientos que en el testigo.
- Los °Brix aumentaron al aplicar el Cs 2% y la concentración de los taninos con los tratamientos del Cs 2% y los complejos de CS-PAA.
- Los carotenoides fueron un 23.91% más altos cuando se aplica Cs 0.02 M y aumentaron un 50% mayor con el complejo de CS-PAA que el testigo absoluto.

## 5.- REFERENCIAS

- Adalberto, Benavides; D, Burgos; H, Ortega; H. Ramirez. 2007. "Benzoic Acid and Poly ( Acrylic Acid ) -Chitosan in Tomato Quality an Vila, H. F., Paladino, S. C., Nazralla, J. J. B., & Lucero, C. C. (2010). Manual de calidad uva: Guía práctica para conocer y evaluar la calidad de uva para vino. d Yield." 261–68.
- Alcantara, Belen. Quiñones, Ana. 2017. "Principales Bioestimilantes y Efectos En El Cultivo de Citricos." *Vida Rural* 56–59.
- Ania, Smolec. 2016. "Decodificación de Los Taninos." *Viña Cocha y Toro* 1. Retrieved (<https://conchaytoro.com/blog/decodificando-los-taninos/>).
- Balda, Ruben. n.d. *Enciclopedia de Enología y Viticultura: Los Secretos de Las Uvas*. Mundo Hisp. Argentina.
- Benavides-mendoza, Adalberto. 2016. "Ecofisiología y Bioquímica Del Estrés En Plantas." (July).
- Bordeu, Edmundo. 2008. "Calidad Fenólica Del Vino Tinto." *Tópicos de Actualización En Viticultura y Enología 2007* (January 2008):255.
- Cabello-Pasini, Alejandro, Víctor Macias-Carranza, and Adán Mejía-Trejo. 2017. "The Effect of Mesoclimate on the Ripening of Nebbiolo Grapes (*Vitis Vinifera*) in Valle de Valle de Guadalupe, Baja California, Mexico." *Agrociencia* 51(6):617–33.
- Carlos Daniel, Burgos limon. 2005. "Efecto Del Acido Benzoico Y El Complejo De Poliácido Acrílico-Quitósán En Tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.), Cultivado En Suelo Calcareo." Tesis.
- CEDRSSA. 2017. "La Vid En México."
- Chivite, Lopez Julian. 2005. "Gestión de PH En El Vino de Calidad." *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* 9,15.
- CIREN. 2017. "Información de Avance Proyecto - Arándano." 2.

- C Vila, H. F., Paladino, S. C., Nazralla, J. J. B., & Lucero, C. C. (2010). Manual de calidad uva: Guía práctica para conocer y evaluar la calidad de uva para vino. olina, Marinela, Andrés Ayala, Dianela Rincón, José Molina, Jairo Medina, Rubén Ynciarte, José Vargas, and Brinolfo Montilla. 2014. "Evaluación de Los Procesos Para La Obtención Química de Quitina y Quitosano a Partir de Desechos de Cangejos Escala Piloto e Industrial." *Revista Iberoamericana de Polímeros* 15(1):21–43.
- Dias, M. Graça, Begoña Olmedilla-Alonso, Dámaso Hornero-Méndez, Adriana Z. Mercadante, Coralia Osorio, Liliana Vargas-Murga, and Antonio J. Meléndez-Martínez. 2017. "Tabla de Contenido En Carotenoides de Alimentos Iberoamericanos. Capítulo 18." *Carotenoides En Agroalimentación y Salud*. FAOSTAT, FAO. 2019. "Importancia Mundial de La Uva."
- Hidalgo, José. 2017. *La Situación Actual de La Sustitución de Insumos Agroquímicos Por Productos Biológicos Como Estrategia En La Producción Agrícola: El Sector Florícola Ecuatoriano*.
- Jim, Sindy Vanessa. 2017. "Contribución Al Estudio Físicoquímico de Un Complejo Interpolielectrolítico y Su Aplicación Como Excipiente En Una Matriz de Liberación Modificada Con Dexibuprofeno."
- Jofré, Viviana, Mariela Assof, Martín Fanzone, Germán Andino, Leonel Santos, and Eliana Cantoro-Fernández. 2020. "Determinación de Carotenoides, Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante En Subproductos Enológicos." *ICU Investigación, Ciencia y Universidad*. 2314.
- Laboratorio, Claudio Pastenes, and Ciencias Agron. n.d. "Fotosíntesis En Vides de Interés Enológico."
- Lares V, Cristobal. 2003. "Algunos Usos Del Quitosano En Sistemas Acuosa." *Revista Iberoamericana de Polímeros* 4(2):91–109.
- Lavín A., Arturo, Reina Silva G., and Juan Sotomayor S. 1999. "Manualvitic.Pdf." 65.
- Leija-Martínez, Paola, Adalberto Benavides-Mendoza, Marcelino Cabrera-De La Fuente, Armando Robledo-Olivo, Hortensia Ortega-Ortíz, Alberto Sandoval-Rangel, and Susana González-Morales. 2018. "Lettuce Biofortification with Selenium in Chitosan-Polyacrylic Acid Complexes." *Agronomy* 8(12):1–9. doi:

- 10.3390/agronomy8120275.
- Lima, Maria do Socorro Pereira de. 2006. "Preparo e Caracterização de Membranas de Quitosana Modificadas Com Poli (Ácido Acrílico)." Ufrn 90.
- Meléndez, Gloria. Molina, Eloy. 2002. "Fertilizacion Foliar: Principios y Aplicaciones." 142.
- Meléndez-Martínez, Antonio J., Vicario, Isabel M., & Heredia, Francisco J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54(2), 209-215. Recuperado en 14 de diciembre de 2021, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&tlng=es).
- Mendoza, Adalberto Benavides; Ortega Hortencia. 2004. "Departamento de Química y Biología, Universidad de Las Américas, Puebla, Santa Catarina, Cholula, CP 72820, Puebla, México (Profesor Adscrito).(Present Address: 210, Alladin Mansion, Opp. Shoppers, Stop, P.O. Begumpet, Hyderabad- 500 016, India)." 28(1):42–49.
- Mendoza, Adalberto Benavides; ortega Hortencia. 2013. "Uso De Quitosán Para Aumentar La Acumulación De Carbohidratos En Agaves." 2.
- Mendoza, Adalberto Benavides, Hortensia Ortega Ortiz, Alberto Flores Olivas, Homero Ramírez, Laura Olivia Fuentes Lara, José Hernández Dávila, and Valentín Robledo Torres. 2004. "Complejos de Poliácido Acrílico-Quitosan Como Inductores de Tolerancia Al Estrés En Tomate, Lechuga y Cebolla." Agrofaz: Publicación Semestral de Investigación Científica 4(2):599–606.
- Mínguez Mosquera, Maria Isabel, Antonio Pérez Gálvez, and Dámaso Hornero-Méndez. 2005. "Pigmentos Carotenoides En Frutas y Vegetales: Mucho Más Que Simples 'Colorantes' Naturales." Agroscic 2–7.
- Mohsin, Mohammad, Maj Britt Mostue, and Luisa Rojas. 2008. "Síntesis y Estudio de Hidrogeles Obtenidos a Partir de Acrilamida, Poli (Ácido Acrílico) y Ácido Maleico Como Potenciales Remediadores de Contaminantes." Revista Iberoamericana de Polímeros 9(3):307–12.
- Mullins, M., A. Bouquet, and L. Williams. 2010. "Morfología de La Vid (Vitis Vinifera L.)." Grupo de Investigación En Viticultura – UPM - Morfología 12:2–13.

- Nemeth, Alexandra Herrera, Carmiña Padín González, and Bernarda Rivas Pérez. 2010. "Evaluación Química Del Vino de Semeruco (*Malpighia* Spp.) Producido En El Estado Falcón, Venezuela." *Multiciencias* 10(3):234–40.
- No, H. K., S. P. Meyers, W. Prinyawiwatkul, and Z. Xu. 2007. "Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review." *Journal of Food Science* 72(5). doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x.
- Reyes-Pérez, Juan José, Rommel Arturo Ramos-Remache, Alejandro Falcón-Rodríguez, Miguel Ángel Ramírez-Arrebato, Aida Tania Rodríguez-Pedroso, Marisol Rivero-Herrada, and Luis Tarquino Llerena-Ramos. 2019. "Efecto Del Quitosano Sobre Variables Del Crecimiento, Absorción de Nutrientes y Rendimiento de *Cucumis Sativus*." *Centro Agrícola* 46(4):53–60.
- Rodrigo Andrés, Zamora. 2004. "Efecto De Distintos Momentos De Cosecha De Uva Cv. Cabernet sauvignon Sobre La Composición Química Y Sensorial De Los Vinos En El Valle Del Maipo." *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. 2013–15.
- Rodríguez, Alejandro B. Falcón, Daimy Costales Menéndez, Dianevys González-peña Fundora, and C. Nápoles García. 2015. "Nuevos Productos Naturales Para La Agricultura: Las Oligosacarinas." *Cultivos Tropicales* 36:111–29.
- Rodríguez, Pedro Rodríguez. 2006. "Utilización de Taninos Enológicos y Virutas de Roble Para Mejorar y Estabilizar El Color de Los Vinos Tintos." 144.
- secretaría de agricultura y desarrollo rural. 2017. "Producción Nacional de Uva." SAGARPA 1. Retrieved (<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/fomenta-sagarpa-consumo-de-vino-de-mesa-mexicano-durante-fiestas-de-fin-de-ano>).
- Tobergte, David R., and Shirley Curtis. 2013. "Carotenoides." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):1689–99.
- viñedo carlos serres. 2018a. "Historia Del Vino En América." Viñedo Carlos Serres 1. Retrieved (<https://www.carlosserres.com/historia-del-vino-en-america/>).
- viñedo carlos serres. 2018b. "Origen, Historia y Evolución Del Cultivo de La Vid." Viñedo Carlos Serres 1. Retrieved (<https://www.carlosserres.com/origen-historia-y-evolucion-del-cultivo-de-la-vid/>).
- Nishizawa, Y.; Kawakami, A.; Hibi, T., He, D. Y.; Shibuya, N. y Minami, E.

"Regulation of the chitinase gene expression in suspension-cultured rice cells by N-acetylchitooligosaccharides: differences in the signal transduction pathways leading to the activation of elicitor-responsive genes". *Plant Molecular Biology*, vol. 39, no. 5, marzo de 1999, pp. 907-914, ISSN 0167-4412, 1573-5028, DOI 10.1023/A:1006161802334.

Zhao, J.; Davis, L. C. y Verpoorte, R. "Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites". *Biotechnology Advances*, vol. 23, no. 4, junio de 2005, pp. 283-333, ISSN 0734-9750, DOI 10.1016/j.biotechadv.2005.01.003.