

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA**

**“DOSIS Y TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE SULFATO DE  
CALCIO EN VID (*Vitis vinífera* L.) CV. FLAME SEEDLESS  
EN LA REGIÓN DE PESQUEIRA, SONORA”**

**TESIS**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**CRUZ GILBERTO GARCÍA ARQUIETA**

**JUNIO DE 2014**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

**“DOSIS Y TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE SULFATO DE CALCIO  
EN VID (*Vitis vinifera* L.) CV. FLAME SEEDLESS  
EN LA REGIÓN DE PESQUEIRA, SONORA”**

**Sometida a la consideración del  
Departamento de Agricultura y Ganadería**

**de la**

**Universidad de Sonora**

**Por**

**Cruz Gilberto García Arqueta**

**Como requisito para obtener el  
Grado de Maestro en Ciencias en Horticultura**

**Junio de 2014**

Esta tesis fue realizada bajo la Dirección del Consejo Particular, aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**CONSEJO PARTICULAR**

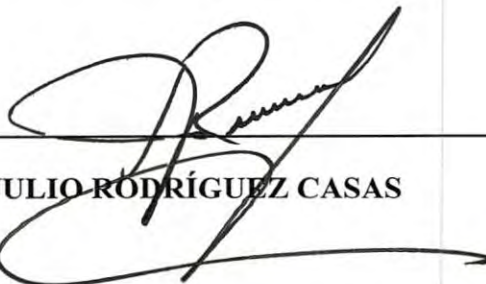
**DIRECTOR:**



---

**M.C. ARTURO RAYA SAAVEDRA**

**ASESOR:**



---

**DR. JULIO RODRÍGUEZ CASAS**

**ASESOR:**



---

**M.S. ALFREDO SERRANO ESQUER**

**ASESOR:**



---

**M.C. FRANCISCO PACHECO AYALA**



## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS: Por la vida y por la oportunidad de lograr esta y muchas otras metas siendo yo un ser con tantos fallos, errores e imperfecciones.

A LA UNIVERSIDAD DE SONORA: Por abrir las puertas y proporcionar el espacio, las instalaciones, los materiales, el equipo y los talentos para mi formación profesional.

A LA PLANTA DOCENTE DE LA MAESTRÍA CIENCIAS EN HORTICULTURA: Por haber transmitido sus valiosos conocimientos, a la vez que me soportaron como estudiante

A MIS ASESORES: Dr. Julio Rodríguez Casas, M.C. Arturo Raya Saavedra y M.S. Alfredo Serrano Esquer, quiénes con su dirección, asesoría y mucha paciencia hicieron posible la realización de este trabajo.

A LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE SONORA: Por facilitar el campo agrícola experimental.

Al M.C. ROMUALDO BOJÓRQUEZ MARTÍNEZ: Por el apoyo y las facilidades otorgadas en su carácter de jefe de la Carrera de Ingeniero en Horticultura para el logro del presente trabajo.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES. Gilberto García† y María Esther Arquieta viuda de García por haber causado mi nacimiento y brindarme la manutención, cuidados y apoyo, a pesar de la escasez, adversidades y dureza del mundo que les tocó vivir.

A MI ESPOSA. María Cristina, por estar siempre a mi lado apoyándome en todo, día a día, con amor sacrificio y abnegación.

A MIS HIJOS. Cruz Gilberto, Ana Cristina y María Nathalie a quienes amo profundamente.

A MIS HERMANOS. Juan Manuel†, Roberto Alejandro, Ana Orcina, Marco Antonio, Julia Esther, Jaime Francisco, José Alfredo, Luis Alberto, Jesús Adrián y María Esperanza.

A MIS YERNOS. Edgar Gustavo Salazar Leyva†. Ernesto Díaz Barranco y José Guadalupe Villarreal Meza por amar, respetar y cuidar a mis hijas.

A MIS NIETOS. Miriam Nathalie, Cruz Sahid Ernesto, Andrea Cristina, Ana Sofía y a los que falten por venir

A MIS TÍAS. María García†, Ana García†, Esperanza García† Estela García† y a Manuel Noriega Verdugo† quienes formaron parte de mi entorno familiar y fueron personas queridas e importantes en mi vida.

## CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
I. OBJETIVOS	x
II. RESUMEN	xi
III. ABSTRACT	xii
IV. INTRODUCCIÓN	1
V. LITERATURA REVISADA	6
CLASIFICACIÓN DEL CALCIO Y AZUFRE	6
DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS OXÍGENO, CALCIO Y AZUFRE	6
ROL DEL CALCIO EN EL SUELO	7
DISPONIBILIDAD Y MOVILIDAD DEL CALCIO EN EL SUELO	8
EXCESOS DE CALCIO EN EL SUELO	9
ROL DEL CALCIO EN LAS PLANTAS	10
Rol del Calcio en la formación de estructuras celulares	10
Rol del Calcio en la selectividad de membranas	12
Rol del calcio como activador enzimático y regulador	12
Rol del calcio como neutralizador	13
Rol del calcio en el desarrollo de raíces	13
Rol del calcio en la resistencia a estrés ambiental	14
Rol del calcio en el control de trastornos fisiológicos, parasitarios y vida de anaquel	14
MOVIMIENTO DEL CALCIO EN LAS PLANTAS	15
LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL CALCIO EN LA PLANTA	15

SIGNOS DE DEFICIENCIA DE CALCIO EN LAS PLANTAS	16
CALCIO EN VID	16
Localización del calcio en la vid	16
Movimiento y translocación del calcio en la vid	17
El calcio en el desarrollo, firmeza, turgencia y ablandamiento de bayas	18
El calcio en la resistencia a enfermedades en el cultivo de la vid	20
Relación del calcio con fisiopatías en el cultivo de la vid	21
Deficiencia de calcio en vid	22
FUNCIÓN DEL CALCIO EN LA SENESCENCIA Y VIDA DE ANAQUEL	23
PARÁMETROS DE CALIDAD EN UVA DE MESA	23
ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD	24
EXCESOS DE AZUFRE EN EL SUELO	24
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>26</b>
UBICACIÓN DEL ESTUDIO	26
DISEÑO EXPERIMENTAL	26
TRATAMIENTOS	27
TÉCNICAS Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	28
CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	32
DETERMINACIÓN DE VARIABLES	34
ANÁLISIS VEGETAL	34
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO	36
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PECÍOLO	37
ANÁLISIS DE LAS VARIABLES	39

RENDIMIENTO DE FRUTOS	39
CRECIMIENTO DE BROTES	42
DIÁMETRO ECUATORIAL DE BAYAS	44
DIÁMETRO DE CAÑAS	45
GRADOS BRUX EN BAYAS	46
VIII. CONCLUSIONES	48
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
X. APÉNDICE	53
APÉNDICE A. LOCALIZACIÓN CAMPO AGRÍCOLA EXPERIMENTAL DE LA UES	54
APÉNDICE B. ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO	55
APÉNDICE C. ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO	56
APÉNDICE D. ANÁLISIS DE PECÍOLOS EN VID DE MESA	57
GRÁFICA 1. RENDIMIENTO PROMEDIO DE FRUTA EN PARCELA ÚTIL	58
GRÁFICA 2. CRECIMIENTO PROMEDIO DE BROTES	59
GRÁFICA 3. DIÁMETRO ECUATORIAL PROMEDIO DE BAYAS	60
GRÁFICA 4. DIÁMETRO PROMEDIO DE CAÑAS	61
GRÁFICA 5. PORCENTAJE PROMEDIO DE GRADOS BRUX EN BAYAS	62



## ÍNDICE DE CUADROS

		Páginas
CUADRO 1	Producción de uva de mesa por zona en 2008	3
CUADRO 2	Participación de mercado por variedad en Sonora, México en 2008	3
CUADRO 3	Descripción y simbología de los tratamientos	27
CUADRO 4	Programa de aplicación de Solugyp (yeso agrícola) a través del sistema de riego en viñedo de la UES, ciclo 2004	28
CUADRO 5	Prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para rendimiento de frutos	40
CUADRO 6	Rendimiento promedio de fruta por parcela útil y por bloques	40
CUADRO 7	Diferencias en rendimiento de fruta entre los tratamientos	41
CUADRO 8	Prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para crecimiento de brotes	43
CUADRO 9	Prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para diámetro ecuatorial de bayas	44
CUADRO 10	Prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para diámetro de cañas	45
CUADRO 11	Prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para grados Brix en bayas	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
FIGURA 1	Excavación de pozos de infiltración previa a la aplicación de yeso agrícola (Fotografía 1)	29
FIGURA 2	Preparación del sustrato grava/arena en una proporción 1:1 para llenar pozos de infiltración (Fotografía 2)	29
FIGURA 3	Rellenado de pozos de infiltración con el sustrato grava/arena previa a la aplicación del yeso agrícola (Fotografía 3)	30
FIGURA 4	Rellenado de pozos de infiltración con el sustrato grava/arena previa a la aplicación del yeso agrícola (Fotografía 4)	30
FIGURA 5	Aplicación de yeso agrícola sobre pozos de infiltración a la línea de caída de agua de los goteros (Fotografía 5)	31
FIGURA 6	Aplicación de yeso agrícola sobre el suelo natural sin pozos de infiltración a la línea de caída de agua de los goteros (Fotografía 6)	31
FIGURA 7	Excavación de pozo agroecológico de 2,0 X 1,0 X 1,40 m para caracterización del suelo en área experimental (Fotografía 7)	32
FIGURA 8	Vista lateral del pozo agroecológico en campo experimental de la UES (Fotografía 8)	33
FIGURA 9	Toma de muestras del perfil del suelo en pozo agroecológico del campo experimental de la UES (Fotografía 9)	33



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de sulfato de calcio dihidratado (Solugyp) en la producción y calidad de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) variedad Flame Seedless en la región de Pesqueira, Sonora municipio de San Miguel de Horcasitas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de sulfato de calcio dihidratado (Solugyp) directamente al suelo, como refuerzo al manejo comercial.

Evaluar el efecto de la aplicación de sulfato de calcio dihidratado aplicado sobre pozos de infiltración excavados en el suelo, como refuerzo al manejo comercial.

Evaluar el programa de aplicación de sulfato de calcio (manejo comercial) en el ciclo 2004.

## RESUMEN

La problemática en el manejo y producción de uva de mesa en la región de Pesqueira, Sonora es variada y compleja. Tan solo los factores suelo y agua constituyen limitantes importantes en la producción, ya que la mediana calidad de las aguas de riego y la notoria compactación del suelo afectan de manera importante no solo el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas, sino también la calidad de la cosecha.

En este trabajo se observó el efecto de diferentes dosis de sulfato de calcio (Solugyp) aplicado al suelo previo al primer riego del año como refuerzo al manejo comercial. Además, se evaluó el manejo comercial de éste producto en el ciclo 2004.

Se utilizaron plantas de la variedad Flame Seedless en un sistema de plantación de 3,55 m entre hileras y 1,60 m entre plantas, formadas en poda de cordón bilateral sobre el sistema de conducción de T californiano, con cuatro años de edad y entrando al segundo año de producción comercial.

Se evaluó rendimiento de fruta, crecimiento de brotes, diámetro de cañas, diámetro ecuatorial de bayas y grados Brix en bayas. Se encontraron diferencias significativas solo en rendimiento de fruta. Los mejores tratamientos fueron Manejo comercial y el que recibió un refuerzo de 5,0 kg de Solugyp por planta colocado sobre pozos de infiltración.

Los resultados del experimento mostraron que aplicaciones de 250 kg ha<sup>-1</sup> de Solugyp suministrados poco a poco, en diferentes momentos del ciclo del cultivo a través del sistema de riego sin aplicaciones de refuerzo al suelo, pudieran ser más convenientes, al menos, en plantaciones jóvenes de la región destinadas a la producción de uvas para mesa.

## ABSTRACT

The problems in the management and production of table grape in the region of Pesqueira, Sonora is varied and complex. Only soil and water factors constitute limitations important in production, since the medium quality of irrigation water and the notorious soil compaction affect significantly not only the growth, development and productivity of plants, but also the quality of the harvest.

The effect of different doses of sulfate of calcium (Solugyp) applied to the soil prior to the first irrigation of the year as reinforcement to the commercial management was observed in this work. In addition, assessed the commercial management of this product in the 2004 cycle.

Flame Seedless variety plants were used in a system of plantation of 3,55 m between rows and 1,60 m between plants, formed in pruning of lace on the conduction system of Californian T bilateral, with four years of age and entering the second year of commercial production.

We assessed fruit yield, growth of shoots, Rod diameter, Equatorial diameter of berries and Berry brix degrees. Significant differences were found only in fruit yield. The best treatments were commercial management and the one that received a reinforcement of 5,0 kg of Solugyp by plant placed on infiltration wells.

The results of the experiment showed that applications of Solugyp in doses of 250 kg ha<sup>-1</sup> repeatedly through the irrigation system without soil applications of reinforcement could be more convenient, at least in young plantations of the region for production of table grapes.



## INTRODUCCIÓN

Los principales estados productores de uva a nivel nacional son Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Sonora y Zacatecas. De éstos, actualmente el liderazgo lo tiene el Estado de Sonora por la superficie establecida y por el rendimiento.

La viticultura en el Estado de Sonora, se ha convertido en la actividad agrícola más importante, por una parte, por la derrama económica que se genera al dar empleo a trabajadores de todo México y especialmente a personas provenientes de los estados del sur con 4,267 millones de jornales (día/hombre) anuales, siendo 250 jornales lo que cada hectárea requiere (Vásquez Villanueva, 2011). También por las divisas que genera, por ejemplo, en el año 2008 la producción tuvo un valor aproximado de 294 millones de dólares (Martínez Díaz y col. 2010a).

El costo de producción anual en este cultivo es de aproximadamente \$150 000 ha<sup>-1</sup>, calculándose un rendimiento promedio de 1 500 cajas ha<sup>-1</sup> de 8,2 kg (18 lb). El destino final de la fruta ha sido principalmente el mercado de los EUA en un 95% de la producción, en donde alcanza un valor promedio de venta de 15 dólares por caja (Haro Encinas, 2007).

La superficie establecida de vid ha aumentado de 500 ha en la década de 1960 - 1970 a más de 25 000 para el año 2004. Así mismo, en este mismo año, el valor total de las exportaciones para este cultivo fue el 40% del total de las exportaciones agrícolas del Estado de Sonora, seguido por hortalizas y otros frutales, por lo que Sonora tuvo el liderazgo en la producción de uva de mesa a nivel nacional, con el 80% de la producción (Haro Encinas, 2007).

El Estado de Sonora, desde 1999 participó con más del 70% de la superficie cosechada y en los últimos 10 años, a partir de esta misma fecha, ha producido en promedio el 72% de la uva mexicana, lo que lo ha colocado a la cabeza de esta actividad.

De 1995 a 1999, la producción de uva de Sonora pasó de tener un destino fundamentalmente industrial, a ser consumida como fruta, de tal forma que para el año 2007, el 88% de la producción fue para fruta, frente a sólo un 9% industrial (SIM, 2009).

Actualmente, a nivel nacional, Sonora aporta el 74% de la producción de uva de mesa, el 98% de la uva pasa y el 74% de uva industrial, y del total de hectáreas cosechadas en el estado, el 47% corresponde a uva de mesa, el 35% a uva industrial y el 18% a uva pasa (Vásquez Villanueva, 2011).

La vid para mesa es el cultivo de mayor superficie en el Estado de Sonora con 16 000 ha, de las cuáles 12 500 se encuentran en la Costa de Hermosillo y Pesqueira y 3 500 en Caborca (Martínez Díaz y col. 2010a).

La región Costa de Hermosillo-Pesqueira, es la mayor zona productora de uva de mesa del país, se ubica en la región centro-occidental del estado. Esta zona, en su conjunto genera el 52% del valor total de la producción agrícola de la entidad, el 52% de los empleos generados y el 71% de las divisas estatales, con solo el 27% de la superficie sembrada y utilizando el 18% de los recursos hidráulicos del estado de Sonora (Vásquez Villanueva, 2011).

En el año 2004, el cultivo de la vid de mesa en Pesqueira, Sonora alcanzó un total de 1 313 ha, con un volumen total de la producción de 17 068 t y un rendimiento promedio de 13 t ha<sup>-1</sup> (Haro Encinas, 2007).

En total, para el año 2008 la zona de Hermosillo-Pesqueira produjo 15,089 697 cajas de uva en todas sus variedades mientras que la región de Caborca produjo 4,568 720 dando un total de 19,658 417 cajas de 8.2 kg. El orden de cosecha fue Perlette, Flame, Sugraone (Superior) y Red Globe principalmente (SIM, 2009).

CUADRO 1. PRODUCCIÓN DE UVA DE MESA POR ZONA EN 2008

MERCADO	HERMOSILLO	CABORCA CAJAS †	TOTAL
Exportación a EUA/otros	13,118 429	3,072 488	16,190 917
Nacional	1,971 268	1,496 232	3,467 500
Total	15,089 697	4,568 720	19,658 417

† Cajas de 8.2 kg (18 lb)

Fuente: (Vásquez Villanueva, 2011)

En el siguiente cuadro, se muestra la participación de Sonora en el mercado nacional y extranjero en el año 2008.

CUADRO 2. PARTICIPACIÓN DE MERCADO POR VARIEDAD EN SONORA, MÉXICO  
EN 2008

VARIEDAD	EXPORTACIÓN A EUA /OTROS	NACIONAL CAJAS †	TOTAL
Perlette	2,439 902	558 524	2,998 426
Flame	7,061 929	333 934	7,395 863
Superior	5,589 182	1,541 677	7,130 859
Red Globe	640 707	874 014	1,514 721
Otras	459 197	159 351	618 548
Total	16,190 917	3,467 500	19,658 417

† Cajas de 8,2 kg (18 lb)

Fuente: (Vásquez Villanueva, 2011)

Actualmente, la totalidad de los viñedos pertenecen al sector privado, incluyendo inversionistas extranjeros, quienes saben aprovechar la ventaja natural del microclima ecológico que ofrece Pesqueira, contando con la ventaja competitiva de obtener el producto antes que cualquier sitio a nivel mundial.



Esta ventaja de comercialización, se presenta al concluir la producción de uva de Chile y poco antes de la salida de producción de California (Haro Encinas, 2007).

A partir de un reciente análisis y diagnóstico económico realizado por el Sistema de Información de Marketing, en los mercados del Reino Unido, Países Bajos y Bélgica, fue posible concluir que la exportación de uva de mesa mexicana a estos países es viable y ofrece mayores beneficios económicos y de desarrollo para los productores mexicanos que las exportaciones a la Unión Americana (SIM, 2009).

Enfocándonos en la región vitícola de Pesqueira Sonora, el factor edafológico constituye sin duda un reto muy importante en el manejo de este cultivo. De acuerdo con la carta edafológica Hermosillo H12-8 el tipo de suelo predominante en la región de Pesqueira es el Regosol y en particular en la zona de estudio es Regosol eútrico (INEGI, 1983).

Los Regosol son suelos que se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos. Frecuentemente son someros (poca profundidad utilizable), compactos y con presencia de pedregosidad. Su fertilidad es variable y el uso agrícola esta principalmente condicionado a su profundidad. Son de susceptibilidad variable a la erosión (INEGI, 1989).

Soza P. y col. (2005), comentan que entre las propiedades físicas del suelo que afectan el sistema radicular se encuentran la textura, estructura y densidad aparente. También se deben considerar otras propiedades vinculadas a las anteriores como compactación, macroporosidad y contenidos de humedad del suelo.

Letey (1985), señaló que la humedad del suelo, tasa de difusión de oxígeno, temperatura y resistencia mecánica son los principales factores que afectan el crecimiento de raíces. Por otra parte, señala que la densidad aparente, textura, estabilidad de agregados y tamaño de poros son también factores indirectos que afectan el desarrollo radicular.



En este caso particular, y en base a la observación del perfil del suelo y de los resultados del análisis de las muestras del área experimental, se pudo constatar que el suelo tiene poca profundidad utilizable, altos porcentajes de arena, presencia de gravilla, pH alcalino y alto grado de compactación física por la falta de materia orgánica y estructuración. Aunado a esto, también afectan las adiciones de sodio y otras sales contenidas en el agua de riego.

Las características mencionadas impactan desfavorablemente en la velocidad de infiltración, permeabilidad, retención de humedad, fertilidad, tasa de absorción de nutrientes, actividad microbial, así como en el desarrollo y adecuada exploración de raíces en la masa del suelo.

Oster y col., (1992). Recomiendan la aplicación de acondicionadores químicos inorgánicos para mejorar las propiedades físicas del suelo, en especial la velocidad de infiltración. Según éstos investigadores, los acondicionadores químicos mejoran las características del suelo por el aumento en el contenido de calcio, que normaliza la estabilidad de los agregados y por lo tanto disminuye la formación de estratos duros en el suelo.

Así, para tratar de atenuar el efecto de las malas condiciones del suelo y lograr mejor calidad de cosechas, los asesores y productores de la región Pesqueira, implementan una serie de estrategias que consiste en aplicar yeso agrícola a través del sistema de riego así como aplicaciones directas al suelo. También la adición de diversos productos químicos y naturales para tratar de mejorar las propiedades del suelo.

No obstante lo anterior, las dosis y momentos de aplicación de éstos productos se hacen a criterio del productor o a juicio del asesor del campo ya que en la región Pesqueira, y en general en el Estado de Sonora, a pesar de ser el principal productor de uva a nivel nacional, no se ha generado la suficiente investigación para lidiar más eficazmente con los problemas que el suelo y el agua representan. De ahí que se haga necesario buscar respuestas a las interrogantes que surgen particularmente en cuanto al uso del sulfato de calcio en la región.

## LITERATURA REVISADA

### CLASIFICACIÓN DEL CALCIO Y AZUFRE

A los elementos calcio (Ca) y azufre (S) se les considera indispensables para la nutrición de la plantas, y se encuentran clasificados como macronutrientes por su concentración en el tejido vegetal ( $>1000 \text{ mg kg}^{-1}$ ). El contenido de S generalmente va de 0,04 a 0,4% y La concentración de Ca puede variar de 0,2 a 3,0%. (Alcántar González y Trejo - Téllez, 2007).

Brady y Weil, (2008), comentan que el follaje de la mayoría de las plantas sanas contiene generalmente de 0,15 a 0,45% de azufre.

La cantidad de Ca en el follaje de las plantas varía de 0,1 a 5,0% en base a materia seca, y en la mayoría de las monocotiledóneas en tejido foliar, este elemento se encuentra entre 0,15 a 0,5%. Así mismo, la mayoría de las dicotiledóneas requieren de 1,0 a 3,0% de Ca en sus hojas para un buen desarrollo (Brady y Weil, 2008).

El Ca ha mostrado un papel fundamental no sólo en la formación de la estructura del suelo, sino también en la química del complejo adsorbente, y su influencia sobre la asimilabilidad de otros elementos también esenciales para la planta (Navarro Blaya y Navarro García, 2008).

### DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS OXÍGENO, CALCIO Y AZUFRE

El Oxígeno (O) y el S pertenecen al grupo químico de los no metales y los vegetales los pueden tomar del bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), del anión bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ), del agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), del anión nitrato ( $\text{NO}_3$ ), del anión sulfato ( $\text{SO}_4$ ) y de los sulfitos ( $\text{SO}_3$ ) que están en la solución del suelo. También, de los gases de la atmósfera, principalmente como dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ).

El Ca pertenece al grupo químico de los metales alcalinos y alcalinotérreos y se absorbe en forma de catión de la solución del suelo y del complejo de intercambio (Alcántar González y Trejo-Téllez, 2007).

El S es absorbido por la planta casi exclusivamente en forma de anión  $\text{SO}_4$  a través del sistema radicular. En pequeñas cantidades también puede ser absorbido del suelo como  $\text{SO}_3$  y de la atmósfera como  $\text{SO}_2$  por las hojas a través de los estomas (Navarro Blaya y Navarro García, 2008).

Callejas Rodríguez (2005), comenta que dada la casi nula movilidad del Ca por el floema, el ápice de la raíz debe satisfacer su demanda tomando este elemento directamente de la solución del suelo.

El Ca también se absorbe mediante intercambio directo entre los pelos radiculares y el complejo coloidal al que se encuentra adsorbido, pero en proporciones mucho menores a como lo toma de la solución del suelo. (Navarro Blaya y Navarro García, 2008).

#### ROL DEL CALCIO EN EL SUELO

Martínez Díaz y col. (2010b) citando de Frageria y col. (2009) comentan que al igual que otros nutrientes, el K y el Ca se aplican al suelo y al follaje para mejorar el rendimiento de los cultivos y, aunque las aplicaciones al suelo son más comunes, bajo algunas situaciones las aplicaciones foliares pueden ser más efectivas y económicas.

El Ca no solo posee un papel esencial en la nutrición de las plantas, sino también en la estabilidad de la estructura del suelo, ya que bajos contenidos de este catión en el suelo originan problemas en la estructuración del mismo (Delgado Estrada y Esquer Fimbres, 2009).



Ramírez (2009), menciona que el Ca tiene un efecto moderador de los daños de la salinidad, especialmente del sodio (Na) en el suelo y en la planta, ya que el Ca por ser un catión bivalente y por tener una menor capa de hidratación, desplaza más fácilmente al Na del complejo de cambio y mejora la agregación de suelos salinos. La mayor actividad del Ca y otros cationes en suelos con Na es reducir los efectos tóxicos de este elemento en las plantas.

Por otra parte, Márquez Cervantes (2004), reporta que el Ca y Mg son elementos que rara vez se requieren aplicar, pero que en suelos muy arenosos, donde el crecimiento es excesivo y las temperaturas son altas, las aplicaciones de Ca pudieran necesitarse. Otro de los usos de las aplicaciones de Ca es para intercambiar los excesos de Na y así reducir sus efectos dañinos, para lo cual es común realizar aplicaciones de yeso agrícola al suelo en viñedos, en el orden 1,0 a 1,5 t ha<sup>-1</sup>.

#### DISPONIBILIDAD Y MOVILIDAD DEL CALCIO EN EL SUELO

Según Ramírez (2009), El Ca es un elemento relativamente abundante en el ambiente. En suelos de régimen semiárido a subhúmedo de pH neutro, hay altos niveles de Ca total. Sin embargo, por estar presente bajo formas químicas de baja solubilidad, la disponibilidad del Ca en la solución del suelo puede ser baja y resultar insuficiente para satisfacer la necesidad de este elemento, por lo que, ante la escasez relativa en la solución del suelo y la inmovilidad en la planta, es clave tener una buena estrategia de aplicación de Ca. Dada la elevada demanda de los cultivos de este nutriente, es necesario hacer el aporte de Ca al suelo utilizando sales de alta solubilidad.

Navarro Blaya y Navarro García (2008), comentan que en suelos de regiones áridas, el contenido de Ca generalmente es alto como consecuencia de una pluviometría débil y poca lixiviación, y, por lo general este elemento se halla presente en mayores cantidades en el complejo de intercambio. El Ca y el Mg son más asimilables a valores de pH elevados. La acidez alta provoca su lixiviación y ello justifica su menor disponibilidad en estas condiciones.

Ramírez (2009), comenta que debido a la limitada movilidad del Ca dentro de la planta, se plantea el hecho de que es necesario que esté disponible en los momentos de mayor requerimiento por parte de la planta, lo cuál puede ser muy difícil en cierto tipo de suelos, sin un manejo adecuado. El suministro de Ca deberá ser constante durante el ciclo de cada cultivo, poniendo especial atención en los momentos de máxima demanda.

El Ca en el suelo se mueve completamente por flujo de masas. La cantidad de un nutrimento en la rizósfera puede incrementar, mantenerse constante o disminuir, dependiendo del balance entre el suministro por flujo de masas y su tasa de absorción. (Alcántar González y Trejo-Téllez, 2007).

#### EXCESOS DE CALCIO EN EL SUELO

Molina (1999) menciona que el principal efecto del exceso de Ca está asociado con cambios en el pH del suelo que causan deficiencias de elementos menores tales como Fe, Zn, Mn y B. También puede provocar un desbalance con Mg y K.

Mengel (1994), describió los factores y procesos que inducen a una clorosis férrica en suelos calcáreos, concluyendo que el problema de la clorosis férrica está relacionada básicamente con procesos metabólicos que tienen lugar en las hojas y raíces de las plantas, pero que altos contenidos de los aniones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en la solución del suelo, así como altos niveles de pH, están relacionados en la aparición de este problema.

El exceso de Ca puede presentarse también en las plantas por el empleo de aguas de riego ricas en Ca, excesiva aplicación de sulfato de Ca al suelo, altas aplicaciones de S a suelos calizos y el empleo abusivo del nitrato de Ca y de otros fertilizantes que contengan Ca ( Navarro Blaya y Navarro García, 2008).

## ROL DEL CALCIO EN LAS PLANTAS

Delgado Estrada y Esquer Fimbres (2011), mencionan que el Ca es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas ya que interviene en una serie de procesos fundamentales tales como síntesis de pectina, que es un constituyente fundamental de la lámina media, formación y metabolismo del núcleo y mitocondrias, así como en la selectividad de la membrana vegetal, ya que en su ausencia, la raíz absorbe indiscriminadamente y es cofactor de gran número de reacciones enzimáticas.

Morteza Soleimani y col. (2012), citan que el Ca es un nutriente esencial para las plantas, ya que es necesario para la formación de la estructura de la pared celular, para realizar funciones de señalización celular y para mantener la estabilidad de la membrana celular. También funciona como un neutralizador de los compuestos que están en el interior de los organelos de las células. Por otra parte, como mensajero secundario, el Ca interviene en una serie de reacciones que conducen a un crecimiento equilibrado. Las funciones del factor de transcripción SR/CAMTA (stress responsive/CaM-binding transcriptional activator) que actúa en la biología postcosecha de los cultivos hortícolas dependen principalmente de los contenidos de Ca en las células. La maduración de la fruta, senescencia, la transducción de la señal PLD (phospholipase D), la actividad del ciclo AA-GSH (ascorbate - reduced glutathione) y biosíntesis de GABA (gamma-aminobutyric acid) se han relacionado también con el Ca disponible.

### Rol del calcio en la formación de estructuras celulares

Mendoza Bravo (2010), menciona que una de las fracciones del Ca en la célula es el Ca ligado, el cual es Ca estructural que forma los compuestos de pectatos de Ca que están en la lamela media de la pared celular y los fosfatos de calcio que están formando parte de los fosfolípidos de la membrana celular. Otras fracciones del Ca en la célula son los oxalatos de Ca, el Ca soluble, el carbonato de Ca y los silicatos de Ca.



Navarro Blaya y Navarro García (2008), argumentan que una de las principales funciones del Ca en la planta es la de actuar, formando parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas. La protopectina está localizada en la lámina media y en la pared celular primaria. Cuando se degrada se originan productos más simples, principalmente pectatos cálcicos insolubles. Esta función parece tener particular importancia, puesto que si el Ca se reemplazase por otros elementos esenciales, tales como K o Mg, entonces los compuestos orgánicos y las sales minerales no se retendrían por las membranas en la forma más conveniente.

Callejas Rodríguez y col. (2011), comentan que la pared celular primaria está compuesta por microfibrillas de celulosa, las que están embebidas en una matriz de polisacáridos como hemicelulosas y pectinas. Estas pectinas, también están presentes en la lamela media y tienen la función de regular la adhesión celular y la rigidez de los tejidos.

De igual forma, Ramírez (2009), comenta que la función del Ca en las plantas es principalmente estructural, ya que el 90% del total del Ca se deposita en la laminilla media, otorgándole mayor resistencia mecánica a los tejidos.

Así mismo, Del Solar y col. (2000), sostienen que el Ca es un constituyente de la lámina media y de la pared celular, y es esencial para mantener la integridad estructural de las membranas y paredes celulares.

Camussi y col. (2003), reportan que el Ca confiere rigidez a la pared celular y que el 60% del Ca total en las plantas está asociado a la fracción de la pared celular. De igual forma sirve como un agente de ligamento intermolecular que estabiliza los complejos pectina-proteína en la laminilla media. La acción se explica por el rol estabilizador del ion Ca sobre las paredes celulares, acumulándose en la laminilla media, confiriendo así mayor estabilidad y rigidez, retrasando la madurez y senescencia de los tejidos vegetales y la penetración de los hongos.



Alcántar González y Trejo - Téllez (2007), resaltan la tendencia del ion Ca de formar complejos quelatados muy estables unidos a los pectatos de la lamela media que contribuyen al incremento en la elasticidad de la paredes celulares. Además, la elongación y la multiplicación celular en los tejidos meristemáticos son activadas por el Ca, confiriendo así mayor estabilidad y rigidez, retrasando la madurez y senescencia de los tejidos vegetales y la penetración de los hongos.

#### Rol del calcio en la selectividad de membranas

Alcántar González y Trejo-Téllez (2007), sostienen que el Ca también tiene un rol en la selectividad de las membranas, ya que este elemento es requerido por el mecanismo selectivo de absorción del plasmalema en donde, aparentemente mantiene la integridad de la membrana.

Ambos investigadores comentan que el Ca ha atraído un gran interés por su función como segundo mensajero en la conducción de señales, entre factores del ambiente y la respuesta de la planta en términos de crecimiento y desarrollo. En esta función el Ca se une a la calmodulina, proteína que se localiza en el citosol de las células vegetales.

#### Rol del Ca como activador enzimático y regulador

Al Ca se le considera como un activador enzimático que modifica la conformación (estructura terciaria) de la proteína. Participa en la regulación del potencial osmótico y en el balance de aniones, controlando la permeabilidad de la membrana y los electropotenciales. El Ca participa notablemente en el equilibrio electrostático de la célula debido a la alta cantidad que normalmente se encuentra en las vacuolas, donde contribuye al balance aniones-cationes actuando como ion acompañante de aniones orgánicos e inorgánicos (Alcántar González y Trejo-Téllez, 2007).

### Rol del Ca como neutralizador

El Ca actúa como neutralizador. Según comentan Del Solar y col. (2000), cuando hay un aumento en las aplicaciones de N, también incrementan proteínas y ácidos orgánicos, y en algunos casos estos últimos pueden ser tóxicos si se presentan en altas concentraciones a nivel citoplasmático.

El ácido oxálico puede llegar a ser tóxico y la célula libera Ca de los pectatos de la pared con el objeto de neutralizarlo, formándose el oxalato de Ca que precipita en las vacuolas, así se disminuyen los problemas a nivel citoplasmático, pero se debilita la pared celular, con la consecuencia de fruta débil y sin consistencia.

Otra función atribuida al Ca es la regulación de la absorción de N, ya que actúa sobre la translocación de los hidratos de carbono y proteínas en el interior de la planta. Neutraliza los ácidos orgánicos que se pueden originar en el metabolismo vegetal, tal cual ocurre con el ácido oxálico, a la vez que activa algunos enzimas como la amilasa y fosfolipasa. También se ha visto que regula la absorción o contrarresta los efectos perjudiciales debido al exceso o acumulación de otros elementos como el K, Na o Mg (Navarro Blaya y Navarro García, 2008).

### Rol del calcio en el desarrollo de raíces

El Ca es muy importante para el desarrollo de las raíces, en las cuales ejerce las funciones de multiplicación celular, crecimiento celular y neutralización de los hidrogeniones. Muchos investigadores consideran que la alteración del sistema radicular es un síntoma de la deficiencia de este elemento (Navarro Blaya y Navarro García, 2008).

Según Du Preez (2003), con un sistema radicular activo con pelos radiculares en constante desarrollo antes de la formación de las bandas de Caspari, la absorción de Ca será más eficiente al igual que otros iones como K, Mg y P.

Teniendo en consideración las importantes funciones metabólicas del Ca en las plantas, parece que un suministro oportuno y un balance adecuado de fuentes de Ca en cultivos hortofrutícolas durante la temporada del cultivo y en la etapa de postcosecha, mejorará la vida útil y la calidad nutricional (Morteza Soleimani y col., 2012).

#### Rol del calcio en la resistencia a estrés ambiental

Nakata (2003), menciona que la producción de oxalato de Ca dentro de las células vegetales, parece tener diversos roles funcionales que protegen a la planta de sucumbir a diversos tipos de estrés ambiental como por ejemplo al ataque de insectos herbívoros o al exceso de metales en el suelo en donde crecen.

Este mismo autor, menciona que investigaciones recientes sugieren que es posible manipular la cantidad y distribución espacial de la formación de oxalato de Ca en las células, lo que traerá mejoras en la producción a través del mejoramiento de la defensa de la planta y de la calidad nutricional de los cultivos.

#### Rol del calcio en el control de trastornos fisiológicos, parasitarios y vida de anaquel

Biggs (1999), Conway et al. (1999), Punja y Grogan (1982), citados por Ciccamesse y col. (2013), mencionan que el Ca se conoce por su capacidad para reducir o retrasar trastornos parasitarios y/o fisiológicos en frutas y vegetales, dando buenos resultados en el control de pudriciones cuando se aplica como sales orgánicas e inorgánicas. También, Demarty et al. (1984), citado por Ciccamesse y col. (2013), mencionan, se cree que el Ca reduce trastornos postcosecha mediante el fortalecimiento de las paredes celulares manteniendo la integridad, selectividad y permeabilidad de la membrana.

Así mismo, Ciccamesse y col. (2013) citando de García y col. (1996) y Picchioni y col. (1998), argumentan que aplicaciones de este elemento en postcosecha mantiene la turgencia de la célula, tejidos firmes y retrasa el catabolismo de los lípidos de la membrana, ampliando la vida de almacenamiento de frutas frescas.



## MOVIMIENTO DEL CALCIO EN LAS PLANTAS

Delgado Estrada y Esquer Fimbres (2009), comentan que 2/3 partes del Ca que las plantas toman del suelo es absorbido pasivamente junto con el agua que demanda la transpiración, y cuando la transpiración es muy baja durante un periodo largo de tiempo, por ejemplo en invernaderos con baja aireación y muy elevada humedad relativa, o por el contrario, cuando se produce una sequía prolongada, pueden inducirse deficiencias cálcicas.

El Ca se distribuye en la planta por vía simplástica y se acumula en los órganos que transpiran activamente. En condiciones de alta productividad, es difícil que este elemento alcance concentraciones adecuadas en órganos que no transpiran como frutos, flores, tubérculos, etc. (Ramírez, 2009).

De acuerdo con Mengel (2002), la eficiencia en que se utilizan los fertilizantes foliares depende de su movilidad en la planta, e indica que el K es de alta movilidad mientras que el Ca es de baja.

## LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL CALCIO EN LA PLANTA

En las plantas jóvenes, el Ca se encuentra preferentemente en el protoplasma y en las membranas celulares, mientras que en las adultas se halla en las vacuolas, principalmente bajo la forma de oxalato. Aunque una parte considerable del Ca presente en las plantas está bajo forma soluble en el agua, este elemento no se desplaza fácilmente en el interior de las mismas, y de aquí que tienda a acumularse en los órganos viejos. Esto explica el por qué los síntomas de carencia empiezan a manifestarse en los extremos de los tallos (Navarro Blaya y Navarro García, 2008).

## SIGNOS DE DEFICIENCIA DE CALCIO EN LAS PLANTAS

Del Solar y col. (2000), comentan que bajo condiciones de carencia de Ca, las membranas se vuelven débiles y se afecta el enlace de Ca con la pectina en la lámina media, Lo que se traduce en un fruto de menor firmeza y por lo tanto más susceptible al ataque de patógenos.

En términos productivos un déficit de Ca ocasiona una reducción del rendimiento. En menor medida, la deficiencia de Ca afecta otras propiedades asociadas con la calidad, y por ende, el valor de los productos hortícolas. El Ca está asociado con la firmeza de frutos, en abundancia de Ca se obtienen frutos más firmes. Con una adecuada nutrición, el Ca mejora la tolerancia de las plantas a situaciones de estrés por calor, heladas, viento (Ramírez, 2009).

Taiz y Zeiger (2002), comentan que el sistema radicular de plantas deficientes en Ca es corto, poco ramificado y parduzco.

Alcántar González y Trejo-Téllez (2007) comentan que cuando se suspende el suministro de Ca, en unas cuantas horas se detiene el crecimiento de la raíz.

## CALCIO EN VID

Ciccarese y col. (2013), mencionan que la uva de mesa es una fruta no climatérica con una baja tasa de actividad fisiológica, pero que está sujeta a trastornos fisiológicos y parasitarios graves después de la cosecha y durante el almacenamiento.

### Localización del calcio en la vid

Recientes investigaciones han demostrado que existen grandes cantidades de Ca acumulados en las vacuolas de las células del ápice de la raíz de vid. Estas células se observan como un cono discontinuo de células en la parte externa de la zona meristemática de la raíz, disminuyendo en tejidos más antiguos (Storey y col., 2003).



Ciccarese y col. (2013), mencionan que muchos estudios han demostrado que el Ca se acumula en la fruta de la uva a lo largo de su desarrollo.

#### Movimiento y translocación del calcio en la vid

Mendoza Bravo (2010), basándose en estudios de otros investigadores menciona que el movimiento descendente (basipétalo) de las auxinas, permite el movimiento ascendente (acropétalo) del Ca y que este fenómeno permite la entrada del Ca al fruto en las primeras etapas de crecimiento. Por otra parte, expone también que numerosas investigaciones han mostrado que las aplicaciones de ácido giberélico reducen los contenidos de Ca al interferir con su translocación. Además, altos niveles de giberelinas durante periodos de gran crecimiento del fruto son responsables de la disminución de la translocación del Ca por los frutos.

En órganos como el fruto que presentan baja tasa de transpiración, el flujo por el xilema producto de la presión de la raíz, particularmente durante la noche, es muy importante para el ingreso de agua y Ca. Este flujo se vería afectado principalmente por el potencial osmótico del suelo, decreciendo el flujo en la medida que se incrementa el grado de salinidad en la solución suelo y por la tasa respiratoria de la raíz y por ende oxigenación del suelo. Se señala que interrupciones en la aireación durante la noche, no afectarían la acumulación de Ca en el sistema radical, pero se reduciría fuertemente su transporte hacia la parte aérea (Callejas Rodríguez, 2005).

Por otra parte, Ciccarese y col. (2013), comentan que se ha demostrado que la absorción del Ca a través de la piel de la baya disminuye drásticamente alrededor de la fase de maduración de la fruta, como consecuencia de la pérdida en la funcionalidad de los estomas, por lo que es fundamental aplicar el Ca durante las primeras etapas de crecimiento de las bayas para mejorar la acumulación de este elemento.

Ciccarese y col. (2013), mencionan que en plantas, el Ca es conocido por moverse a través del xilema, pero es substancialmente inmóvil por el floema.

Ciccarese y col (2013), También mencionan que algunos investigadores como Cabanne y Doneche (2001), Creasy, et al. (1993), así como Possner y Kliwer (1985), han indicado que la acumulación de Ca se detiene después del envero porque los vasos del xilema se vuelven no funcionales.

En el cultivo de la vid, hay que asegurar disponibilidad de Ca cuando las frutas pueden recibirlo por vía xilemática, generalmente después del cuaje (Ramírez, 2009).

#### El calcio en el desarrollo, firmeza, turgencia y ablandamiento de bayas

Según Callejas Rodríguez (2005), La absorción de Ca y Mg, son fundamentales en el desarrollo óptimo de la uva para exportación, ya que está correlacionada directamente con el grado de suberización de la raíz. Mientras más alejado del ápice de crecimiento de la raíz, mayor es la suberización y menor es el ingreso de estos nutrientes. La firmeza y turgencia de los frutos está en estrecha dependencia con la entrada de agua por fenómenos osmóticos, la cual a su vez, depende de la presencia de solutos osmóticamente activos al interior de las bayas.

Entre los solutos osmóticamente activos están los nutrientes minerales y metabolitos orgánicos tales como glucosa y fructosa. Aquellas bayas con mayor contenido de azúcares tienen una mayor presión osmótica, y por ende, una mayor capacidad de atracción de agua que se traduce en una mayor firmeza (Callejas Rodríguez y col., 2011).

Mendoza Bravo (2010), comenta que una gran cantidad del Ca contenido en las bayas, está presente en forma de oxalato de Ca insoluble. Así mismo, la falta de correlación entre los contenidos de Ca total y la firmeza y condición de la fruta se debe al hecho de que la fracción de Ca presente como oxalato de Ca insoluble puede ser alto y/o variable.



Callejas Rodríguez y col. (2011), comentan que el ablandamiento de bayas durante la maduración de la fruta se debe, específicamente, a la solubilización de polisacáridos pécticos de la pared celular y por la pérdida de residuos de galactosa de las cadenas laterales de pectina, lo que ocurre tanto en la pulpa como en la piel de la baya. Las sustancias pécticas están en estrecha relación con los niveles de Ca. La estabilidad de este complejo pectina-calcio disminuye la vulnerabilidad de la pared celular al ataque de las enzimas poligalacturonasas. Al parecer, el descenso de Ca en la madurez es un prerrequisito para la solubilización y depolarización de las pectinas, permitiendo la degradación de la pared celular por las poligalacturonasas. En el caso de la vid, las poligalacturonasas actúan tanto en la piel como en la pulpa.

Callejas Rodríguez y col. (2011), comentan que existen antecedentes que indican una asociación entre el fenómeno de ablandamiento de la fruta con anomalías del metabolismo del nitrógeno, particularmente con la putrescina, un metabolito nitrogenado que está presente en pequeñas cantidades en los tejidos vegetales sanos, pero que al sobrepasar cierto umbral provoca necrosis en los tejidos. Esta necrosis del tejido conductor sería la causante de la pérdida de turgencia de las bayas, un trastorno característico del “palo negro”, el cual además se ha asociado entre otros, a bajos niveles de Ca.

Del Solar y col. (2000), comentan que aplicaciones de Ca directamente al fruto permiten disminuir la debilidad de la pared celular. Además del rol netamente estructural que tiene el Ca, éste cumple una función en el metabolismo de la célula actuando como segundo mensajero por intermedio de calmodulina. La calmodulina es una proteína regulatoria de procesos bioquímicos, que se encuentra libre en el citoplasma y asociada a membranas y organelos. La calmodulina presentaría un sitio activo al cual se uniría el Ca, dando la calmodulina activa, la que a su vez se asociaría a alguna proteína receptora (enzima). La activación de muchas enzimas sería dependiente de la calmodulina y de las concentraciones de Ca.

## El calcio en la resistencia a enfermedades en el cultivo de la vid

El Ca mejora la tolerancia a distintas enfermedades, ya sea por efecto directo a través de la resistencia de los tejidos, o por la inhibición de la poligalacturonasa. El Ca reduce la actividad de la poligalacturonasa relacionada con la desintegración de tejidos y está asociado a una mayor vida postcosecha (Ramírez, 2009).

De forma similar, Camussi y col. (2003), comentan que en relación al efecto del Ca en hongos patógenos, se ha demostrado que la infección de hongos patógenos en el tejido de frutos involucra la secreción de enzimas degradadoras de la cutina y la pared celular incluyendo las poligalacturonasas. Con suficiente cantidad de Ca se reduce el potencial de los hongos de infectar al huésped, limitando el crecimiento del mismo, inhibiendo la actividad de la poligalacturonasa, y disminuyendo la susceptibilidad del tejido de la planta a la degradación.

También, Camussi y col. (2003), comentan que cuando las aplicaciones de Ca se realizan próximas a la cosecha, el desarrollo de las podredumbres se ven inhibidos por la acción directa del ion Ca, ya que éste elemento dificulta la degradación de las sustancias pépticas de la pared celular. Cuando las aplicaciones se empiezan a realizar en estados fenológicos anteriores y hasta momentos previos a la cosecha, la reducción en la incidencia de podredumbres se debería además, a la resistencia que adquiere el tejido de la baya, que puede ser explicado por el rol que juega el Ca en la estabilización de la pared celular.

Chardonnet y col., (1996) estudiaron la influencia del Ca en el proceso de infección por *Botrytis cinerea* en una variedad de (*Vitis vinífera*) susceptible al hongo. Realizaron tratamientos con una solución de CaCl<sub>2</sub> en racimos recién cosechados y observaron que, aunque hubo un incremento de Ca en la fruta, los tratamientos no tuvieron el suficiente efecto fungicida como para controlar la infección. No obstante, lo anterior, al realizar el análisis de los tejidos infectados, pudieron observar que los cambios en las fracciones pectínicas de los tejidos dañados fueron menos graves en los racimos tratados con calcio que en los no tratados, debido probablemente a que las enzimas degradadoras producidas por el hongo fueron afectadas por el tratamiento a base de Ca.



Ciccarese y col. (2013), realizaron una investigación en un viñedo de uva de mesa, variedad Italia, para evaluar la eficacia de aplicaciones de  $\text{CaCl}_2$  como Ca EDTA 44% asperjado a los racimos en pre-envero y post-envero para el control de pudriciones de postcosecha causada por *Botrytis cinerea* y para mantener la alta calidad de la fruta durante el almacenamiento en frío. Compararon dos tiempos de aplicación (de cuajado hasta envero y de envero a la cosecha) contra un testigo absoluto. Observaron que las aplicaciones de Ca fueron eficaces tanto en mantener la calidad postcosecha de la fruta, como en reducir las pudriciones causadas por *Botrytis cinerea* durante el período de almacenamiento de la fruta. En este trabajo, las aplicaciones eficaces fueron las que se llevaron a cabo en el período de cuajado a envero de la fruta cuando los estomas son funcionales y la retranslocación de Ca no absorbido directamente por los racimos, pudiera darse por vía transporte de xilema.

#### Relación del calcio con fisiopatías en el cultivo de la vid

Camussi y col. (2003), mencionan que la relación antagónica entre K con Mg y Ca lleva en algunas variedades sensibles a la fisiopatía llamada “deseccamiento del escobajo y que aplicaciones de Mg y Ca al cierre del racimo y en el envero, reducen significativamente la incidencia de esta fisiopatía.

Hair line, es una afectación de la baya que consiste en una partidura fina que luego se denota con un jugo azucarado que se transmite al resto del racimo. Las causas son humedad libre sobre la piel de la baya, fruta expuesta a la sombra sin ventilación, condensación del racimo durante la postcosecha por quiebres de su cadena de frío, desbalance de crecimientos y deficiencia de Ca (Palma, 2006).

La partidura de baya o cracking, cuyo signo son cortes en la piel ya sean cicatrizados o abiertos también es una afectación de la baya. Las causas son: inadecuado manejo hídrico, lluvias cercanas a la cosecha, sensibilidad de variedades según su entorno climático y deficiencia de Ca (Palma, 2006).



El problema fisiológico conocido como palo negro (BSN) “Bunch Stem Necrosis” afecta seriamente el raquis y bayas. Los síntomas son humedad, ablandamiento, pardeamiento interno, pérdida de color y azúcar en la baya acompañada de necrosis en el pedúnculo y raquis del racimo. Puede evolucionar este problema a bayas acuosas en su mayoría. Las causas son deficiencia temprana de Mg acompañada más tarde por deficiencia de K y Ca en precosecha, exceso de N-NH<sub>4</sub> en hoja, exceso de vigor, sombra, alta carga e irrigación nitrogenada después de la pinta de la baya. En resumen existe un desbalance nutricional (Palma, 2006).

#### Deficiencia de calcio en vid

El Ca es un elemento poco móvil y los síntomas de deficiencia se ponen de manifiesto en las zonas de crecimiento activo, en los tejidos meristemáticos de la raíz y tallo. Estos síntomas son clorosis en los bordes de las hojas jóvenes, pudriciones apicales y corrimiento de frutos (racimos con pocas bayas) en uva de mesa entre otros (Delgado Estrada y Esquer Fimbres, 2009).

Martínez Díaz y col. (2006), comentan que la carencia de Ca dentro de la planta lleva a tener paredes celulares con deficiente desarrollo, lo cual hace a los órganos sensibles al ataque de enfermedades, por ejemplo en el caso de las bayas tienden a reventarse el cual es un problema común en la variedad Flame Seedless, especialmente cuando se presentan altas condiciones de humedad relativa.

Según Callejas Rodríguez (2005), La absorción de Ca y Mg, son fundamentales en el desarrollo óptimo de la uva para exportación, ya que está correlacionada directamente con el grado de suberización de la raíz.

Mientras más alejado del ápice de crecimiento de la raíz, mayor es la suberización y menor es el ingreso de estos nutrientes.

## FUNCIÓN DEL CALCIO EN LA SENESCENCIA Y VIDA DE ANAQUEL

El aumento de Ca en los tejidos retrasaría la senescencia, este efecto se debería a una acción retardante del Ca sobre la tasa de respiración y a una baja en la actividad de la enzima poligalacturonasa, responsable de la degradación celular (Del Solar y col., 2000). Márquez Cervantes, (2004), comenta que la aplicación de nitrato de Ca pudiera ayudar a incrementar la vida de anaquel de las bayas, ya que incrementa la firmeza.

## PARÁMETROS DE CALIDAD EN UVA DE MESA

En el ambiente de la viticultura, existe un creciente interés por producir fruta de mejor calidad y condición que la actual, entendiéndose por calidad todos aquellos atributos de la uva que se mantienen en el tiempo (diámetro, peso, color de bayas), y por condición los atributos que evolucionan en el tiempo, tales como el desgrane, las pudriciones, la firmeza y la partidura fina de la baya (Del Solar y col., 2000).

Algunos de los parámetros tradicionales de calidad como tamaño, color de bayas, grado de azúcar y conformación del racimo son fácilmente evaluados y comparados. Sin embargo, existe una serie de parámetros, entre ellos la firmeza, que necesitan ser objetivizados. Actualmente, un racimo que reúne los requisitos tradicionales, pero que no presenta bayas firmes o crocantes, pierde valor (Zoffoli y Rodríguez, 2000).

Martínez Díaz y col., (2010b), señalan que entre los parámetros de calidad de racimos en vid var. Flame Seedless se encuentran el diámetro de bayas el cual debe ser mayor de 1.7 cm, el contenido de sólidos solubles mayor de 16° Brix, color uniforme y ausencia de reventado.

Así mismo, Camussi y col. (2003), comentan que en uvas italianas tratadas con Ca se observó un incremento de la acidez total titulable (ATT), del pH, y reducción de los sólidos solubles totales (SST) y de la relación SST/ATT de bayas, lo que evidencia un retraso en la maduración.

Martínez Díaz y col. (2010b), citando de Bondada y col. (2004) señalan que la concentración final de azúcar en las bayas ocurre de manera inversa al tamaño, y que aparentemente en este proceso está implicada la transpiración, la cual es más alta si existe mayor superficie por unidad de volumen, condición que ocurre en bayas de menor diámetro. La transpiración tiene influencia en la acumulación de azúcar después del invierno ya que el transporte de carbohidratos y agua hacia las bayas ocurre solo por el floema, debido a que el xilema deja de funcionar.

#### ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD

La uva de mesa Flame Seedless es originaria de Fresno, California, Estados Unidos Americanos (EUA) y establecida como variedad comercial en 1973. Fue introducida a Chile alrededor de los años 1975-1976, alcanzando su máximo desarrollo en 1978. Las bayas son sin semilla, de color rojo suave a rojo brillante, de forma esférica ligeramente aplastada, y con altos niveles de azúcar. Su pulpa es crujiente y el diámetro promedio oscila los 18 mm. Sus racimos son de tamaño medio-grande, compactación mediana y forma cónica alada. El peso promedio de sus racimos preparados para la exportación fluctúa entre los 550 a los 750 gramos. Se cosecha a partir de los 16° Brix y su disponibilidad para el mercado de exportación está entre los meses de mayo y junio, aproximadamente de la semana 23 a la 29 del año (Vásquez Villanueva, 2011).

#### EXCESOS DE AZUFRE EN EL SUELO

El uso del S como plaguicida, fertilizante o mejorador de suelos alcalinos se emplea extensamente en muchos países, pero sólo puede considerarse tóxico para el cultivo cuando sobrepasa los 1000 mg kg<sup>-1</sup> de SO<sub>4</sub>. Por ello, las aportaciones de S, directa o indirectamente al suelo, no perjudican a la planta, aun utilizando grandes dosis. Además, hay que tener en cuenta que la forma bajo la que principalmente se absorbe el S es como anión SO<sub>4</sub>, y que el S elemental y otras formas de S deben sufrir una previa oxidación biológica antes de ser utilizado por la planta. Los excesos de SO<sub>4</sub> que en la planta se pueden presentar están relacionadas más bien a un exceso de sales solubles en el suelo, y



pueden observarse cuando el valor en hoja supera el 0,4 %, expresado en S total. Se manifiesta principalmente por clorosis y amarillamientos, seguidos de necrosis y quemaduras en las hojas y enanismo de la planta (Navarro Blaya y Navarro García, 2008)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El experimento se realizó de marzo a junio de 2004 en el Campo Agrícola Experimental del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES) hoy Universidad Estatal de Sonora (UES) ubicado en la región de Pesqueira, municipio de San Miguel de Horcasitas, Sonora (Apéndice A).

El estudio se ubicó en el cuadro número uno del Campo Agrícola y dentro de éste el bloque uno en la hilera siete, el bloque dos en la hilera ocho, el bloque tres en la hilera nueve y el bloque cuatro en la hilera diez. Se utilizaron plantas de vid (*Vitis vinífera* L.) variedad Flame Seedless de cuatro años de edad, entrando en su segundo ciclo de producción comercial.

Las plantas han estado formadas con poda de cordón bilateral en el sistema de T californiano. La distancia de plantación es de 1,60 m entre plantas y de 3,55 m entre hileras, con una densidad de 1 760 plantas ha<sup>-1</sup>. El viñedo cuenta con sistema de riego presurizado (goteo) con dos goteros por planta.

### DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental se formó de cuatro plantas en donde las dos plantas intermedias constituyeron la parcela útil. En total se tuvieron cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, dando un total de 20 parcelas experimentales y 40 plantas en observación. Las medidas aproximadas del área experimental fueron de 30,4 m E-W por 10,65 m N-S, dando una superficie aproximada de 324 m<sup>2</sup>. Los resultados se analizaron estadísticamente utilizando el programa JMP (V5).

## TRATAMIENTOS

Los tratamientos establecidos fueron los siguientes:

CUADRO 3. DESCRIPCIÓN Y SIMBOLOGÍA DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
1	Manejo comercial más 2,0 kg de Solugyp por planta en aplicación superficial	Y2
2	Manejo comercial más 5,0 kg de Solugyp por planta en aplicación superficial	Y5
3	Manejo comercial más 2,0 kg de Solugyp por planta sobre pozos de infiltración	YP2
4	Manejo comercial más 5,0 kg de Solugyp por planta sobre pozos de infiltración	YP5
Testigo ( Manejo comercial)	250 kg de Solugyp ha <sup>-1</sup> a través del sistema de riego en aplicaciones repetidas	T

El producto utilizado fue sulfato de calcio dihidratado en polvo al 92% de pureza, que es un yeso agrícola grado soluble crudo sin calcinar de muy alta finura con el nombre comercial de Solugyp. Tiene un contenido del 21% de Ca y 17% de S, empacado en sacos de 25 kg.

Hemos llamado pozos de infiltración a excavaciones de aproximadamente 40 cm de profundidad por 20 cm de diámetro, rellenos con un sustrato compuesto de grava con diámetro de 3/4 de pulgada y arena gruesa en una proporción aproximada de 1:1, esto como estrategia para facilitar la entrada y movilidad del producto a través del suelo (Fotografías 1, 2, 3, y 4).



## TÉCNICAS Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se realizó una sola aplicación de Solugyp al suelo el día 12 de marzo de 2004 previo al primer riego del año, de la siguiente manera:

Tratamiento 1 y 2: Se aplicó e incorporó manualmente 2,0 y 5,0 kg de Solugyp en una sola aplicación, esparciéndose el producto sobre la superficie del suelo y alrededor del tronco, debajo de la línea de caída de agua de los goteros (Fotografía 6)

Tratamientos 3 y 4: Se aplicó e incorporó manualmente 2,0 y 5,0 kg de Solugyp en una sola aplicación, colocándose aproximadamente el 50% del producto sobre un pozo de infiltración debajo de la caída de agua de un gotero, y el otro 50%, sobre el otro pozo de infiltración, debajo de la caída de agua del otro gotero (Fotografía 5).

Testigo: Además de los tratamientos anteriores se consideró también la aplicación de Solugyp a través del sistema de riego de acuerdo al manejo comercial del viñedo como se observa en el siguiente cuadro:

CUADRO 4. PROGRAMA DE APLICACIÓN DE SOLUGYP A TRAVÉS DEL SISTEMA DE RIEGO EN VIÑEDO DE LA UES, CICLO 2004.

PERÍODO DE APLICACIONES	NÚMERO DE APLICACIONES EN EL PERÍODO	DOSIS EN KG HA <sup>-1</sup>	DOSIS DE SOLUGYP POR PERIODO EN KG
Brotos de 15 - 20 cm a inicio de floración	3	25	75
Fin de floración a envero	4	25	100
Envero a precosecha	3	25	75
	10		250 †

† Dosis total anual

## GALERÍA DE FOTOS



Fotografía 1. Excavación de pozos de infiltración previa a la aplicación del yeso agrícola



Fotografía 2. Preparación del sustrato grava/arena en una proporción aproximada de 1:1 para llenar pozos de infiltración





Fotografía 3. Rellenado de los pozos de infiltración con el sustrato grava / arena previa a la aplicación del yeso agrícola



Fotografía 4. Rellenado de los pozos de infiltración con el sustrato grava/arena previa a la aplicación del yeso agrícola





Fotografía 5. Aplicación del yeso agrícola sobre los pozos de infiltración a la línea de caída de agua de los goteros



Fotografía 6. Aplicación del yeso agrícola sobre el suelo natural sin pozos de infiltración a la línea de caída de agua de los goteros



## CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Para la caracterización física y química del suelo, se excavó un pozo agroecológico con las siguientes dimensiones: 2,0 m de largo por 1,0 m de ancho por 1,40 m de profundidad en la parte central de área experimental en donde se tomaron muestras del perfil cada 20 cm para el análisis de las mismas. (Fotografías 7, 8 y 9)

Las muestras de suelo debidamente identificadas se analizaron en el laboratorio de suelos de la Carrera de Ingeniero en Horticultura de la Universidad Estatal de Sonora. Los resultados se muestran en los apéndices A y B.



Fotografía 7. Excavación de pozo agroecológico de 2,0 x 1,0 x 1,40 m para caracterización del suelo en el área experimental





Fotografía 8. Vista lateral del pozo agroecológico en campo experimental de la UES



Fotografía 9. Toma de muestras del perfil del suelo en pozo agroecológico del campo experimental de la UES



## DETERMINACIÓN DE VARIABLES

Se midió la longitud de los brotes los días 19 y 29 de marzo de 2004. También, el día 29 de marzo de 2004 se realizó muestreo foliar, tomándose para esto los pecíolos opuestos al racimo por cordón, por planta, recolectando así un total de 8 pecíolos por parcela experimental y 32 pecíolos por tratamiento, para formar de esta manera la muestra compuesta. La cosecha inició el día 24 de mayo y concluyó el día 25 de junio siendo necesario hacer tres cortes en diferentes fechas debido a la diferencia en madurez de la fruta. Para realizar las medidas de las variables, se cortaron y pesaron todos y cada uno de los racimos de la parcela útil. Para esto se utilizó una balanza de triple brazo con una capacidad de peso de 2 610 g

Para medir el diámetro ecuatorial y grados Brix de las bayas, se eligieron al azar cinco racimos de cada planta de la parcela útil y se tomaron cinco bayas también al azar de la parte media de los racimos seleccionados. Para éste fin se utilizó el medidor de diámetros en pulgadas tipo argollas y posteriormente se convirtieron las mediciones a milímetros; para medir grados Brix se utilizó el refractómetro tradicional.

La toma del diámetro o grosor de las cañas se realizó a finales del mes de diciembre de 2004 previo a la poda. Para esto se utilizó un vernier digital solar, haciendo la medición entre la primera y segunda yemas fructíferas. Las cañas que se midieron en grosor, fueron las mismas que se midieron en longitud.

## ANÁLISIS VEGETAL

Para el análisis de tejido, se tomaron muestras de pecíolos de los diferentes tratamientos y se lavaron tres veces con agua desionizada, pasándose después a bolsas de papel para colocarse en la estufa eléctrica a una temperatura entre 65 a 70 grados Celsius por espacio de 24 horas; finalmente se molieron los pecíolos con molino eléctrico con malla número 40 y se guardaron en recipientes de vidrio con tapadera. El proceso de preparación de las muestras se realizó en el laboratorio de análisis de suelos de la Carrera de Ingeniero en Horticultura de la UES.

Posteriormente las muestras fueron enviadas a un laboratorio de análisis particular para determinar la concentración de nutrientes.

Los elementos analizados fueron: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Boro (B), Azufre (S), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn). Los resultados se muestran en el apéndice D.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO

Para discutir los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se tomó el criterio de clasificación establecido por el laboratorio de salinidad de los Estados Unidos de América, el cual establece que la condición sódica del suelo se alcanza con un contenido del 15% de sodio intercambiable (Allison, et al, 1994).

Ahora bien, de acuerdo con los resultados del análisis de las muestras, el PSI en los primeros 20 cm de profundidad fue de 14,31 para bajar a 11,08 % en la capa de 20 a 40 cm de profundidad. En el estrato de 40 a 100 cm de profundidad, el PSI fue de 10,75.

En la capa de 100 a 120 cm de profundidad, se observó un descenso del PSI a 8,49 para finalmente descender a 4,94 % en la capa 120 a 140 cm (Apéndice B). Lo anterior indica una tendencia a la sodificación en los primeros 40 cm de suelo, lo que justifica la utilización del sulfato de Ca.

Otro aspecto importante en el análisis químico del suelo, es el comportamiento de la conductividad eléctrica (CE) en el extracto de saturación del suelo. Se ha establecido que la condición salina del suelo se alcanza cuando la CE en el extracto de saturación del suelo es de  $4.0 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25^\circ \text{ C}$  (Allison, et al, 1994).

En este caso, se observó que en los primeros 20 cm de espesor de suelo, la CE fue de  $2,97 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25^\circ \text{ C}$ ., en la capa siguiente, es decir en el estrato de 20 a 40 cm de profundidad, la CE fue de  $3,67 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25^\circ \text{ C}$  y en la capa 40 a 60 cm, la CE fue de  $3,40 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25^\circ \text{ C}$ ., con lo que se observa un proceso de salinización en el estrato de 20 a 60 cm de profundidad.

Después, la medida de CE se mantuvo constante en el estrato 60 a 100 cm con una lectura de  $2.8 \text{ dS/m}$  a  $25^\circ \text{ C}$  para bajar gradualmente en las capas de 100 a 120 cm y de 120 a 140 cm (Apéndice B).



La textura del suelo en los primeros 60 cm de profundidad fue franco arenosa (Fa), en la capa 60-80 cm es Arenoso franco (Af) en la capa 80-120 cm fue de nuevo Fa, para después cambiar a Franco arcillo arenoso (Fra) en la capa 120-140 cm.

También, en los primeros 60 cm de profundidad se encontraron fragmentos de roca de 2,0 a 4,0 mm de diámetro en un porcentaje no mayor del 20%. A medida que se profundiza en el perfil, el porcentaje de pedregosidad aumentó, así en la capa 60-80 cm el porcentaje fue de 23,80 en la capa 80-100 cm el porcentaje fue 28,16; en la capa 100-120 cm el porcentaje fue 22,0 para finalmente subir a 23,63 por ciento de pedregosidad en la capa 120-140 cm. Lo anterior indica que el subsuelo se va haciendo cada vez más gravilloso y en consecuencia, va disminuyendo su fertilidad natural (Apéndice C).

Los resultados de densidad aparente (DA), densidad real (DR), porcentaje de espacio sólido (PES) y porcentaje de espacio poroso (PEP) confirman la abundancia de esqueleto mineral en el suelo (Apéndice C).

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PECÍOLOS

Para llevar a cabo la discusión del contenido nutricional obtenido en las muestras de pecíolos, nos basamos en los niveles de referencia proporcionados por el laboratorio comercial que realizó los análisis, los cuáles aparecen en la parte basal del reporte (Apéndice D).

Estos niveles de referencia y de acuerdo al conocimiento actual, corresponden a los niveles adecuados que debe tener el cultivo de la vid en la época de máxima floración para una buena producción. (Christensen y Peacock, 2000).

Ahora bien, de acuerdo con el análisis de pecíolos, los contenidos de N, P y S de todos y cada uno de los tratamientos estuvieron por debajo de los respectivos niveles de referencia.

En el caso del elemento K, solo YP5 y YP2 estuvieron dentro del nivel de referencia con 2,39 % y 2,27 % respectivamente. En los demás tratamientos que corresponden a Y5, YP2 y el manejo comercial, los contenidos de K estuvieron por arriba del nivel de referencia con 3,02 %, 2,89 % y 2,70 % respectivamente. El nivel de referencia para este elemento fluctúa de 1,50 a 2,50 % de K (Apéndice D).

En Ca, solo YP5 y el manejo comercial estuvieron dentro del nivel de referencia con 1,96 % y 1,90 %. Los demás tratamientos estuvieron por arriba de este rango. Los tratamientos Y5 y Y2 reportaron los más altos niveles de Ca en pecíolos recolectados en la etapa de plena floración con 2,41% y 2,21% de Ca respectivamente. Los niveles de referencia van de 0,80 a 2.0 % de Ca (Apéndice D).

En el caso del Mg, Mn y Na, todos los tratamientos estuvieron por arriba de los niveles de referencia que son 0,20 a 0,35 % para Mg, 25 a 150 ppm para Mn y menos de 0,50 % para Na respectivamente (Apéndice D).

En el caso del B todos los tratamientos estuvieron dentro del nivel de referencia que es de 30 a 60 ppm pero tendiendo al nivel más bajo (Apéndice D).

En el caso del Fe y Cu, los niveles foliares se mantuvieron dentro del nivel de referencia en todos los tratamientos. El nivel de referencia para Fe es de 30 a 100 ppm y de 5,0 a 30 ppm para Cu. Finalmente, en el caso del Zn, la mayoría de los tratamientos estuvieron dentro del rango de referencia. Solo el tratamiento YP2 se salió del rango con 83 ppm de Zinc. El nivel de referencia para este elemento es de 25 a 75 ppm (Apéndice D).

Observando al elemento Ca con mayor detalle, vemos que los tratamientos Y5, Y2 y YP2 estuvieron un poco arriba del nivel de referencia con 2,41%, 2,21 % y 2,18 % de Ca respectivamente.

Como se mencionó, solo en los tratamientos YP5 y manejo comercial, los contenidos de Ca estuvieron dentro del nivel de referencia con 1,96% y 1,90 % respectivamente. Ahora bien, curiosamente estos dos últimos tratamientos fueron los que tuvieron mayor rendimiento de fruta (Cuadro 5 y 6).

#### ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

Las variables analizadas fueron rendimiento de frutos en  $\text{kg ha}^{-1}$ , longitud de brotes (cm), diámetro ecuatorial de bayas (mm), diámetro de cañas (mm) y grados Brix.

Al realizar el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, excepto para la variable rendimiento de frutos. En el análisis de comparación de medias por el método de Tukey - Kramer HSD con un nivel del 5% de significancia (95% de confianza), se encontró que la media más alta en rendimiento corresponde a manejo comercial, y después al tratamiento que recibió el refuerzo de 5,0 kg de Solugyp por planta sobre pozos de infiltración (Apéndice E).

En las variables correspondientes a crecimiento de brotes, diámetro ecuatorial de bayas, diámetro de cañas y grados Brix en bayas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, no obstante se pueden comentar algunas observaciones importantes (Apéndice E).

#### RENDIMIENTO DE FRUTOS

Al observar el análisis estadístico y en particular el resultado de la prueba de Tukey - Kramer HSD para la variable en cuestión, se encontró que Manejo comercial fue estadísticamente diferente a todos los demás tratamientos. Este tratamiento arrojó la mejor producción, ya que la media en rendimiento fue de 15,845 gramos de fruta en la parcela útil.

En segundo lugar, está el tratamiento que recibió el refuerzo de 5,0 kg de Solugyp por planta sobre pozos de infiltración (YP5) con 14,476 gramos de fruta en la parcela útil.



En los demás tratamientos, la producción fue menor por lo que se descartan como convenientes de considerarse. (Cuadro 5 y Gráfica 1).

CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% PARA RENDIMIENTO DE FRUTOS

* TUKEY GROUPING	MEAN †	N	TRATAMIENTOS
A	15,845	4	Manejo comercial
A B	14,476	4	YP5
A B	12,131	4	YP2
A B	10,464	4	Y5
B	9,678	4	Y2

\*0.05

† Peso promedio de racimos en parcela útil en gramos (2 plantas)  
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Enseguida se muestra cuadro en donde se registra el rendimiento promedio de fruta por parcela útil y por bloques para una idea más amplia de los resultados.

CUADRO 6. RENDIMIENTO PROMEDIO DE FRUTA POR PARCELA ÚTIL Y POR BLOQUES

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO PROMEDIO DE FRUTA POR PARCELA UTIL EN GRAMOS †	RENDIMIENTO DE FRUTA EN BLOQUES EXPERIMENTALES EN KG ‡
Y5	10 464	41,85
Y2	9 678	38,71
YP5	14 476	57,90
YP2	12 131	48,52
Manejo comercial	15 845	63,38

† dos plantas

‡ cuatro bloques (dos plantas por bloque)

Proyectando teóricamente el rendimiento y de acuerdo al particular sistema de plantación de éste viñedo, se obtuvo una producción de 13 942 kg ha<sup>-1</sup> lo que corresponde a 1 706 cajas de 8,2 kg (18 lb) de producto ha<sup>-1</sup> para el Manejo comercial, y una producción de 12 738 kg ha<sup>-1</sup> lo que corresponde a 1 558 cajas ha<sup>-1</sup> para YP5. Como vemos existe una diferencia de 1 204 kg de producto o 148 cajas ha<sup>-1</sup> entre los dos tratamientos mencionados. Enseguida se muestra cuadro en donde se observa el rendimiento y las diferencias en producción entre los tratamientos.

CUADRO 7. DIFERENCIAS EN RENDIMIENTO DE FRUTA ENTRE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE FRUTA EN KG HA <sup>-1</sup>	NÚMERO DE CAJAS HA <sup>-1</sup>	DIFERENCIAS EN K HA <sup>-1</sup> CON MANEJO COMERCIAL	DIFERENCIA EN %
Manejo comercial	13 942	1 700	-	-
YP5	12 738	1 553	1 204	8,63
YP2	10 674	1 301	3 268	23,44
Y5	9 208	1 122	4 734	33,96
Y2	8 516	994	4 222	41,51

Esto es muy importante desde el punto de vista de la economía y facilidad en la aplicación ya que el tratamiento que quedó en segundo lugar en rendimiento involucra un extra de 8,80 t de Solugyp ha<sup>-1</sup>, lo que implica mayores costos, mientras que en Manejo comercial considera tan solo 250 kg ha<sup>-1</sup> del producto a través del sistema de riego. Siendo así, la balanza se inclina indiscutiblemente a favor de Manejo comercial.

Como ya se mencionó anteriormente, es curioso notar que Manejo comercial registró un contenido de 1,90% de Ca en pecíolo y YP5 registró 1,96 %. Estos niveles se consideran adecuados para una buena producción y de hecho fueron los tratamientos con mayor producción.

Es importante hacer notar que los tratamientos Y5 y Y2 aunque reportaron los más altos niveles de Ca en pecíolos recolectados en la etapa de plena floración con 2,41% y

2,21% de Ca respectivamente, esto no tuvo influencia en un mejor rendimiento de frutos, cuando menos en el mismo año de la aplicación. En los demás tratamientos, la producción fue menor por lo que se descartan como convenientes de aplicarse.

Castellano y col., (2004) encontraron que aplicaciones de Ca en precosecha afectaron favorablemente el peso de frutos de guayaba coincidiendo que los frutos más pesados presentaron también las medidas más altas de largo y ancho de la fruta.

Chávez y col., (2010) evaluaron el uso eficiente del agua de riego con aplicaciones de sulfato de Ca y poliacrilamida utilizando como referencia avena (*Avena sativa* L.) y observaron que el rendimiento del cultivo se incrementó en un 35% con respecto al testigo.

Román Moreno y Gutiérrez Coronado (1998) evaluaron el uso de ácidos carboxílicos y nitrato de Ca en tres variedades de melón chino (*Cucumis melo* L.) y observaron un incremento tanto en el número de frutos por planta como en el peso del fruto con respecto al tratamiento que no recibió estos compuestos.

Amézquita y col., (2008) estudiaron el efecto de la aplicación precosecha de giberelinas y Ca en el fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) y encontraron que bajo las condiciones del experimento la aplicación de Ca y giberelinas favoreció la producción de frutos, aunque retrasan un poco la madurez; pero a su vez conservan la calidad de los frutos por más tiempo.

#### CRECIMIENTO DE BROTES

En la variable crecimiento de brotes, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, como se observa en el siguiente cuadro en donde se muestran los resultados de la prueba de Tukey.



CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% PARA CRECIMIENTO DE BROTES

*TUKEY GROUPING	MEAN †	N	TRATAMIENTOS
A	67,03	4	Y5
A	61,02	4	Y2
A	55,12	4	YP5
A	53,90	4	Manejo comercial
A	49,90	4	YP2

\*0.05

† Promedio de crecimiento de brotes en centímetros  
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Independientemente de lo anterior, se pudo observar un disparo en longitud, especialmente en los dos tratamientos que recibieron el refuerzo de 5,0 y 2,0 kg de Solugyp por planta aplicado al suelo sin pozos de infiltración, es decir Y5 y Y2, ya que en éstos, los brotes crecieron 67,03 y 61,02 cm respectivamente en un período de 10 días.

El crecimiento de los brotes en el tratamiento que recibió el refuerzo de 5,0 kg de Solugyp por planta sobre pozos de infiltración (YP5) y en Manejo comercial fue muy similar entre ellos con una longitud de 55,12 y 53,90 centímetros respectivamente.

El menor crecimiento de brotes se tuvo con el tratamiento que recibió el refuerzo de 2,0 kg de Solugyp sobre pozos de infiltración (YP2) con 49,90 centímetros (Cuadro 8 y Gráfica 2).

Al comparar Y5 y YP2 que fueron los dos tratamientos con resultados extremos en crecimiento de brotes, se observa una diferencia de 17,12 cm, no obstante ambos tuvieron niveles de Ca en pecíolo arriba del rango de referencia (Apéndice D). Con esto observamos que, aunque existen diferencias en crecimiento que pudiera parecernos muy notorio, no hay evidencia estadística para concluir que los tratamientos impactaron esta variable en forma significativa.

## DIÁMETRO ECUATORIAL DE BAYAS

Al realizar el análisis de medias con la prueba de Tukey no se encontraron diferencias significativas para ésta variable como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% PARA DIÁMETRO ECUATORIAL DE BAYAS

*TUKEY GROUPING	MEAN †	N	TRATAMIENTOS
A	18,78	4	Y5
A	18,61	4	YP5
A	18,40	4	YP2
A	18,34	4	Manejo comercial
A	18,29	4	Y2

\*0.05

† Diámetro ecuatorial promedio de bayas en milímetros  
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

No obstante lo anterior, se observó que el promedio de diámetro ecuatorial de bayas en todos los tratamientos fue superior a los 18 milímetros, pero sin llegar a los 19. Los tratamientos que obtuvieron los mejores promedios fueron Y5 con 18,78 mm, y YP5 con 18,61 mm respectivamente. Siguiendo YP2 con 18,40 mm, Manejo comercial con 18,34 mm y Y2 con 18,29 mm (Cuadro 9 y Gráfica 3).

Martínez Díaz y col., (2010b), señalan que entre los parámetros de calidad de racimos en vid var. Flame Seedless se encuentra el diámetro de bayas el cual debe ser mayor de 1.7 cm, con lo que se observa que, sin excepción, todos los diámetros de los tratamientos considerados en este experimento estuvieron dentro de los parámetros de calidad esperados.

Como se mencionó con anterioridad, el tratamiento Y5 registró el mayor diámetro de bayas, así mismo el mayor contenido de Ca en peciolo con 2,41% que corresponde al nivel más alto en comparación con los demás tratamientos (Apéndice D). Por lo anterior se observa que la tendencia general fue que el diámetro ecuatorial de las bayas aumentó

ligeramente al aumentar la dosis de sulfato de Ca y al aumentar los contenidos de Ca en el peciolo. No obstante esta observación, el diámetro ecuatorial promedio de las bayas no fue lo suficientemente amplio como para arrojar diferencias significativas entre los tratamientos.

### DIÁMETRO DE CAÑAS

Al realizar análisis estadístico para diámetro de cañas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Así lo demuestran los resultados de la prueba de Tukey que aparece a continuación.

CUADRO 10. PRUEBA DE TUKEY CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% PARA DIÁMETRO DE CAÑAS

*TUKEY GROUPING	MEAN †	N	TRATAMIENTOS
A	10,37	4	Y5
A	10,20	4	YP5
A	9,89	4	Y2
A	9,63	4	Manejo comercial
A	9,33	4	YP2

\* 0.05

† Diámetro promedio de cañas en milímetros  
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Al observar el efecto de los tratamientos en el diámetro de cañas, se vio una tendencia similar como en el caso del diámetro ecuatorial de bayas, es decir, los mejores promedios para esta variable fueron los tratamientos Y5 con 10,37 mm y YP5 con 10,20 milímetros. Los demás tratamientos no superaron el grosor de 10 mm de diámetro, ya que Y2 registró 9,89 mm, Manejo comercial 9,63 mm y YP2 9,33 mm (Cuadro 10 y Gráfica 4).

Es de llamar la atención que al parecer no exista relación directa entre el diámetro de las cañas y los contenidos de Ca. Se comenta esto debido a que el tratamiento YP2 que



mostró el menor diámetro de cañas, reporta niveles de 2,18% de Ca dentro de la planta, el cual es un valor alto considerando el rango de referencia para Ca.

El tratamiento Y2 que también está dentro de los tratamientos con menor diámetro de cañas, registró 2,21% de Ca en pecíolo, el cual es un valor alto ya que también sale del rango de referencia para este cultivo (Apéndice D).

Lo anterior parece indicar que los buenos contenidos de Ca dentro de la planta, por sí solos no influyeron directamente en el grosor de las cañas, sino que al parecer pudieran estar involucrados otros factores.

#### GRADOS BRUX EN BAYAS

En la variable grados Brix en bayas, tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos al momento de la cosecha como se demuestra al observar los resultados de la prueba de Tukey en el siguiente cuadro.

CUADRO 11. PRUEBA DE TUKEY CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5% PARA GRADOS BRUX EN BAYAS

*TUKEY GROUPING	MEAN †	N	TRATAMIENTOS
A	18,65	4	Y2
A	18,04	4	Y5
A	18,03	4	YP5
A	18,02	4	YP2
A	17,25	4	Manejo comercial

\*0.05

† Promedio de grados Brix en bayas

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Al analizar el impacto de los tratamientos en el parámetro de grados Brix, se observó que el tratamiento Y2 mostró valores de 18,65° Brix seguido de los tratamientos Y5 con 18,04° Brix, YP5 con 18,03° Brix, YP2 con 18,02° Brix y Manejo comercial con 17,25° Brix respectivamente (Cuadro 11 y Gráfica 5). Como se observa, Manejo comercial registró la menor medida de grados Brix en bayas. Aun así, como ya se comentó y como

se observa en el cuadro anterior, no hay elementos estadísticos para pensar que existen diferencias entre los tratamientos en cuanto a esta variable.

Martínez Díaz y col., (2010a), señalan que entre los parámetros de calidad de racimos en vid var. Flame Seedless se encuentra el contenido de sólidos solubles, el cual debe ser mayor de 16° Brix. En este caso particular, se cumplió este parámetro de calidad en todos los tratamientos.

## CONCLUSIONES

Al haber realizado un análisis de los resultados obtenidos, se concluyó que teniendo en consideración el manejo del viñedo y las condiciones existentes en la época del experimento, las aplicaciones de refuerzo de Solugyp sobre el suelo no tuvieron un impacto significativo en el rendimiento y calidad de uva de mesa variedad Flame Seedless. Por lo que, al parecer, es más conveniente desde el punto de vista técnico y financiero, realizar únicamente aplicaciones repetidas de Solugyp a través del sistema de riego. Es recomendable repetir el experimento dos o más años consecutivos para poder evaluar con mayor detalle el efecto del sulfato de Ca en la producción y calidad de uva de mesa a más largo plazo.

Ahora bien, es probable que los refuerzos de Solugyp aplicados al suelo pudieran tener mejor efecto en las variables estudiadas pero a más largo plazo, o quizás en plantas de mayor edad o en plantas bajo condiciones de suelo más adversas.

También podría ser que las aplicaciones realizadas pudieran mejorar otras variables de calidad como son firmeza y vida de anaquel de bayas, color, mayor densidad y firmeza de madera o en otras partes vegetativas, incluso en mejores propiedades de sabor, nutrición y en aspectos fitosanitarios, pero estas variables no se estudiaron en este experimento.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántar González, G. y L.I. Trejo – Téllez. 2008. Nutrición de cultivos (1ª Ed.). México: Mundi Prensa
- Alcaraz - López, C., M. Botia., C. F. Alcaraz y R. Ballesteros. 2005. Induction of fruit calcium assimilation and its influence on the quality of table grapes. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 3 (3), 335-343.
- Allison L.E., J.W. Brown., H.E. Hayward y L.A. Richards. 1994. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. UTEHA.
- Amézquita, N., H. E. Balaguera – López y J. G. Álvarez – Herrera. 2008. Efecto de la aplicación precosecha de giberelinas y calcio en la producción, calidad y rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2 (2), 133-144.
- Brady N. C. y R. R. Weil. 2008. The Nature and Properties of Soils. (14th Ed.) Pearson Prentice Hall. Columbus Ohio.
- Camussi G., M. Ferrer y M. Cabrera. 2003. Aplicaciones de calcio precosecha en uva de mesa (*Vitis vinífera* L.) cv. Moscatel de Hamburgo para mejorar el comportamiento en conservación frigorífica. Facultad de agronomía de Uruguay. Tesis de grado.
- Castellano, G., O. Quijada; C. Marín y R. Camacho. 2005. Fertilización precosecha con fuentes de calcio sobre la firmeza y calidad de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.*, 6 (2) 72-77.
- Callejas Rodríguez R., 2005. El Palo negro y raquis débiles: Aplicaciones tempranas de fertilizantes foliares bajo una visión integrada del problema. Centro de Estudio de la Vid, Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Chile. pp. 1-14
- Callejas Rodríguez, R., M. Brayovic Piñones; C. Peppi Aronowsky y E. K. Kuhl. 2011. Categorías de firmeza de bayas en diferentes variedades de uva de mesa (*Vitis Vinífera* L.). *Rev. FCA UNCUYO*, Tomo 43(1), 127-141.

- Callejas Rodríguez, R., M. B. Razeto y M. T. Del Río. 2012. Evolución nutricional en vides durante la temporada a partir de información publicada en la literatura. *ANTUMAPU PROFESIONAL*, 1, (1) 1- 9.
- Chardonnet C., A. L'Hyvernay y B. Doneche. 1997. Effect of calcium treatment prior to *Botrytis cinerea* infection on the changes in pectic composition of grape berry. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 50, 213 – 218.
- Chávez, C., C. Fuentes y E. Ventura Ramos. 2010. Uso eficiente del agua de riego por gravedad utilizando yeso y poliacrilamida. *Terra Latinoamericana*, 28 (3), 231-238.
- Christensen, L. P. y W. L. Peacock. 2000. Mineral nutrition and fertilization. University of California. 102-114 p
- Cicaresse A., A. M. Stellacci; G. Gentilese y P. Rubino. 2013. Effectiveness of pre - and post - veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage. *Postharver Biology and Technology*, 75, 135-141.
- Del Solar Dávila, C. E., L. D. Depallens; B. L. Neubauer; U. Pizarro y J. A. Soza. 2000. Efectos de fitorreguladores, calcio, magnesio y anillado sobre la calidad y condición en uva de mesa cvs. Thompson Seedless y Red Globe. *Revista Pharos*, 7 (2), pp. 19-41.
- Delgado Estrada, M. A. y F. J. Esquer Fimbres. 2011. *Aporte de calcio con boramin Ca al cultivo de uva (Vitis vinífera L.)*. Mexico: Tradecorp. Disponible en: <http://www.tradecorp.com.mx>.
- Du Preez, T., 2003. Fertigation of Table and Wine Grapes. Seminario Internacional de Fertirriego. Santiago de Chile. SQM
- Haro Encinas, J. H., 2007. Globalización y salud de los trabajadores. Jornaleros agrícolas y producción de uva en Pesqueira, Sonora. *Región y sociedad*, vol. XIX, núm. 40.
- INEGI, 1989. Guías para la Interpretación de Cartografía. Edafología (1ª reimpresión). México: INEGI
- INEGI, 1983. Carta Edafológica Hermosillo H12-8. Escala 1: 250,000. Dirección General de Geografía. México

R. T150008

- Letey, J., 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soils Science*. Springer – Verlag New York, Inc. Volumen 1, 277-294.
- Mengel K., 1994. Iron availability in plant tissues - iron chlorosis on calcareous soils. *Plant and soil*, 165, 275-283.
- Márquez Cervantes, J. A., 2004. Vid de mesa: Establecimiento y manejo en la Costa de Hermosillo y Pesqueira. México. Folleto técnico 27. Sagarpa –Inifap – Cirno – Cech.
- Martínez Díaz G., J. A. Márquez Cervantes y A. G. Osorio. 2006. Desórdenes fisiológicos de la vid. Folleto Técnico 31. Cech –Cirno -Inifap. 32 p.
- Martínez Díaz G., J. L. Miranda Blanco; B. Valdez Gascón; J.H. Núñez Moreno; A. A. Fu Castillo y J. Grajeda Grajeda. 2010a. Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Costa de Hermosillo. Guía técnica núm. 1. Sagarpa - Inifap - Cirno- Cech.
- Martínez Díaz, G., J. L. Miranda Blanco y J. H. Núñez Moreno. 2010b. Efecto del potasio y calcio en la calidad y producción de vid (*vitis vinífera* L.) cv. Flame Seedless en la Costa de Hermosillo, Sonora. *Biotecnia*, XII (1), 55-62.
- Mendoza Bravo, H., 2010. *Problemática del calcio en uva de mesa y su relación con la condición de postcosecha*. Marbella. Chile Agro. Disponible en: [http://www.cytoperu.com/articulos/calcio\\_vid.pdf](http://www.cytoperu.com/articulos/calcio_vid.pdf)
- Mengel, K., 2002. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Hort.* (ISHS) 594: 33-47.
- Molina E. 1999. Fertilización y Nutrición de Cítricos en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos. pp 291-304
- Morteza Soleimani A., M. Bagher Hassanpouraghdam; G. Paliyath y B. Farmani. 2012. The Language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae*, 144, 102-115.
- Nakata, P.A., 2003. Advances in our understanding of calcium oxalate crystal formation and function in plants. *Plant Science*, 164, 901-909.
- Navarro Blaya, S. y Navarro García, G., 2008. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal (2a. ed.). España: Mundi Prensa.

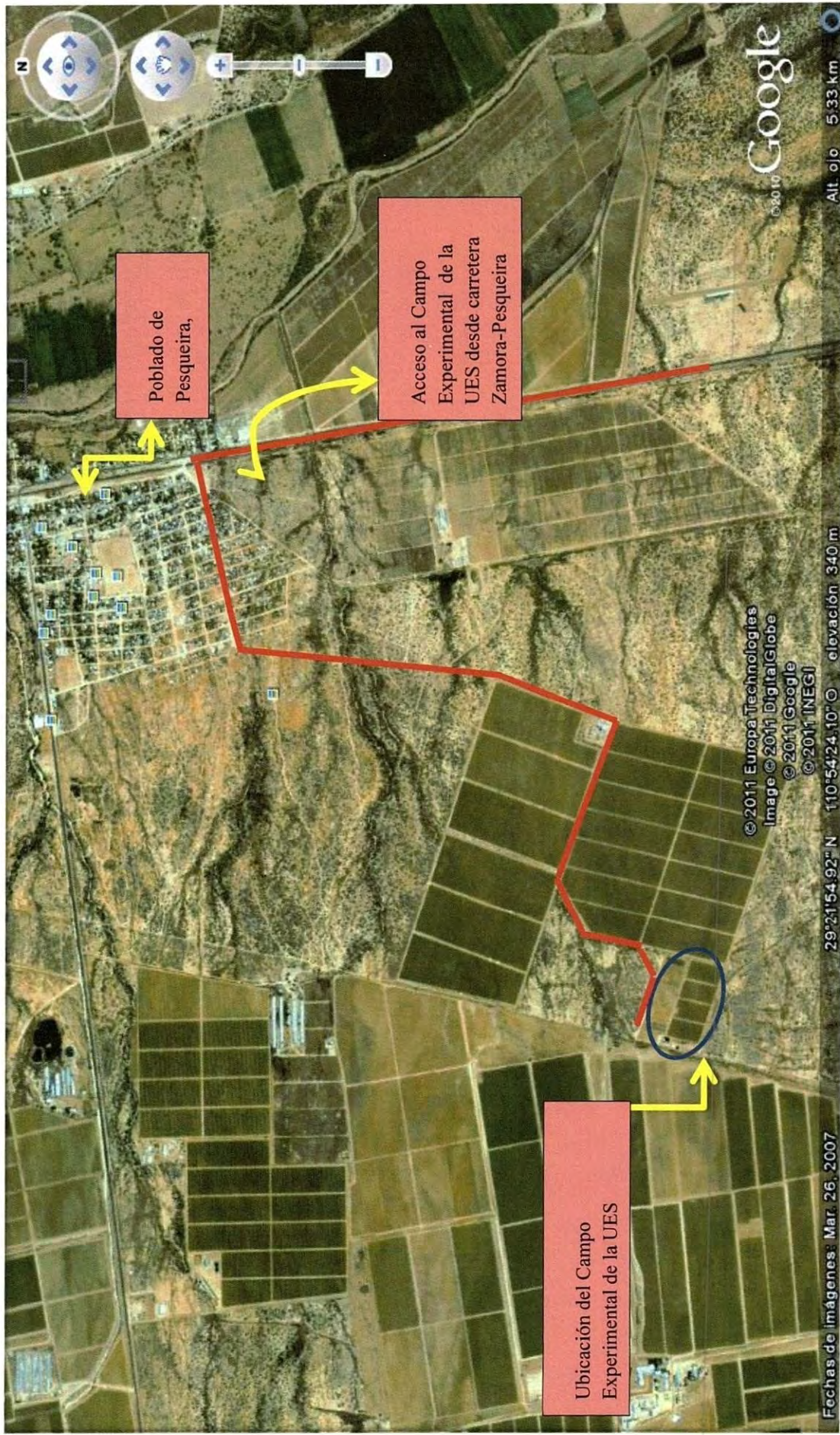


- Oster, J., M. Singer; A. Fulton; W. Richarson y T. Prichar. 1992. Water penetration problems in California soils, prevention, diagnoses and solutions. Kearney Foundation of Soils Science. División of Agriculture and Natural Resources. University of California. 166 p.
- Palma M., J. F., 2006. Estrategia de fertilización en vid de mesa, diseños y monitorización. Tercer Seminario Internacional de Fertirrigación. Santiago de Chile. 10 y 11 de agosto.
- Ramírez, M., 2009. *La dinámica del calcio impacta en los rindes y en la calidad de las hortalizas.* Argentina: GHIA. Disponible en: <http://grupoghiablog.wordpress.com>
- Román Moreno, L. F. y M. A. Gutiérrez Coronado. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón. *TERRA latinoamericana*, 16 (1), 49-54.
- Sistema de Información de Mercadotecnia. 2009. Estudio de la Demanda de Uva de Mesa Mexicana en tres países miembros de la Unión Europea, y de Exploración del Mercado de Nueva Zelanda. AALPUM – SAGARPA, pp. 269
- Soza P., J. A. y M. D. Ljubetic. 2005. Seminario Internacional: “Manejo de Riego y Suelo en Vides para Vino y Mesa”. Santiago de Chile. 26 y 27 de octubre.
- Storey, R., R.G. Wyn Jones, D. P. Schachtman y M. T. Treeby. 2003. Calcium accumulating cells in the meristematic region of grapevine root apices. *Functional plant Biology* 30 (6) 719-727.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology* (3a Ed.). USA: Sinauer Associates, Inc.
- Vásquez Villanueva, N., 2011. Asociación Agrícola de Productores de Uva de Mesa. Agricultura Moderna Mexicana en el Siglo XXI. Fundación Produce Sonora, A.C., México: IICA.
- Zoffoli, J. P. y J. Rodríguez. 2000. Comparison of devices for the assessment of table grape berry texture. 4th International Symposium on Table Grapes. La Serena, Chile. 28 November - 01 December, P 85.

# APÉNDICE

---





APÉNDICE A: Localización del Sitio de Estudio. Campo Experimental de la UES (Google Earth modificado, 2007)



## APÉNDICE B: ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

**PROPIETARIO DEL CAMPO:** Universidad Estatal de Sonora  
**LUGAR:** Campo Agrícola Experimental Pesqueira, Sonora  
**FECHA:** Febrero 09 de 2004

### ANÁLISIS QUÍMICO

Profundidad (cm)	Saturación (%)	p.H.	C.E. dS m <sup>-1</sup> 25°C †	Ca + Mg meq L <sup>-1</sup>	Na meq L <sup>-1</sup>	R.A.S. ‡	P.S.I. §	Materia orgánica total (%)	Humus (%)
0-20	26,5	7,85	2,97	7,0	22,79	12,18	14,31	5,0	1,138
20-40	28,5	7,8	3,67	13,0	23,72	9,30	11,080	4,7	0,724
40-60	28,5	7,95	3,40	12,0	22,0	8,98	10,70	5,0	0,621
60-80	25,0	7,95	2,8	9,0	19,0	8,95	10,66	5,0	0,448
80-100	24,5	7,82	2,84	9,0	19,39	9,14	10,89	Trazas	0,414
100-120	33,0	7,75	2,69	10,5	16,38	7,148	8,49	Trazas	0,345
120-140	31,0	7,6	2,01	10,25	9,91	4,37	4,94	Trazas	0,345

† Conductividad eléctrica en deciSiemens por metro

‡ Relación de adsorción de sodio

§ Porcentaje de sodio intercambiable estimado

APÉNDICE C: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO

Profundidad (cm)	A † (%)	L ‡ (%)	R § (%)	Textura	Gravilla (%)	Clasificación por pedregosidad	Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	Densidad real (g cm <sup>-3</sup> )	Espacio sólido (%)	Espacio poroso (%)	Color (húmedo)
0-20	62,48	24,72	12,8	Franco arenoso	12,11	Común	1,47	2,59	56,87	43,13	7.5 YR 4/2
20-40	65,48	18,72	15,8	Franco arenoso	20,0	Común	1,55	2,59	59,84	40,16	7.5 YR 4/2
40-60	68,2	19,0	1,8	Franco arenoso	19,4	Común	1,37	2,58	53,13	46,87	10 YR 4/4
60-80	79,48	12,72	7,8	Arenoso franco	23,80	Gravoso	1,56	2,60	60,07	39,93	10 YR 4/3
80-100	70,2	16,0	13,8	Franco arenoso	28,16	Gravoso	1,56	2,64	57,50	42,50	7.5 YR 4/4
100-120	60,84	22,54	16,62	Franco arenoso	22,0	Gravoso	1,41	2,55	55,29	44,71	7.5 YR 4/4
120-140	59,84	20,0	20,16	Franco arcillo arenoso	23,63	Gravoso	1,38	2,55	54,47	45,53	5 YR 4/3

† Arena

‡ Limo

§ Arcilla

**APÉNDICE D: ANÁLISIS DE PECÍOLO EN VID DE MESA**

**PROPIETARIO:** Universidad Estatal de Sonora

**FECHA:** 26 de mayo de 2004

**ETAPA:** Máxima floración

**CULTIVO:** Vid, var. Flame Seedless

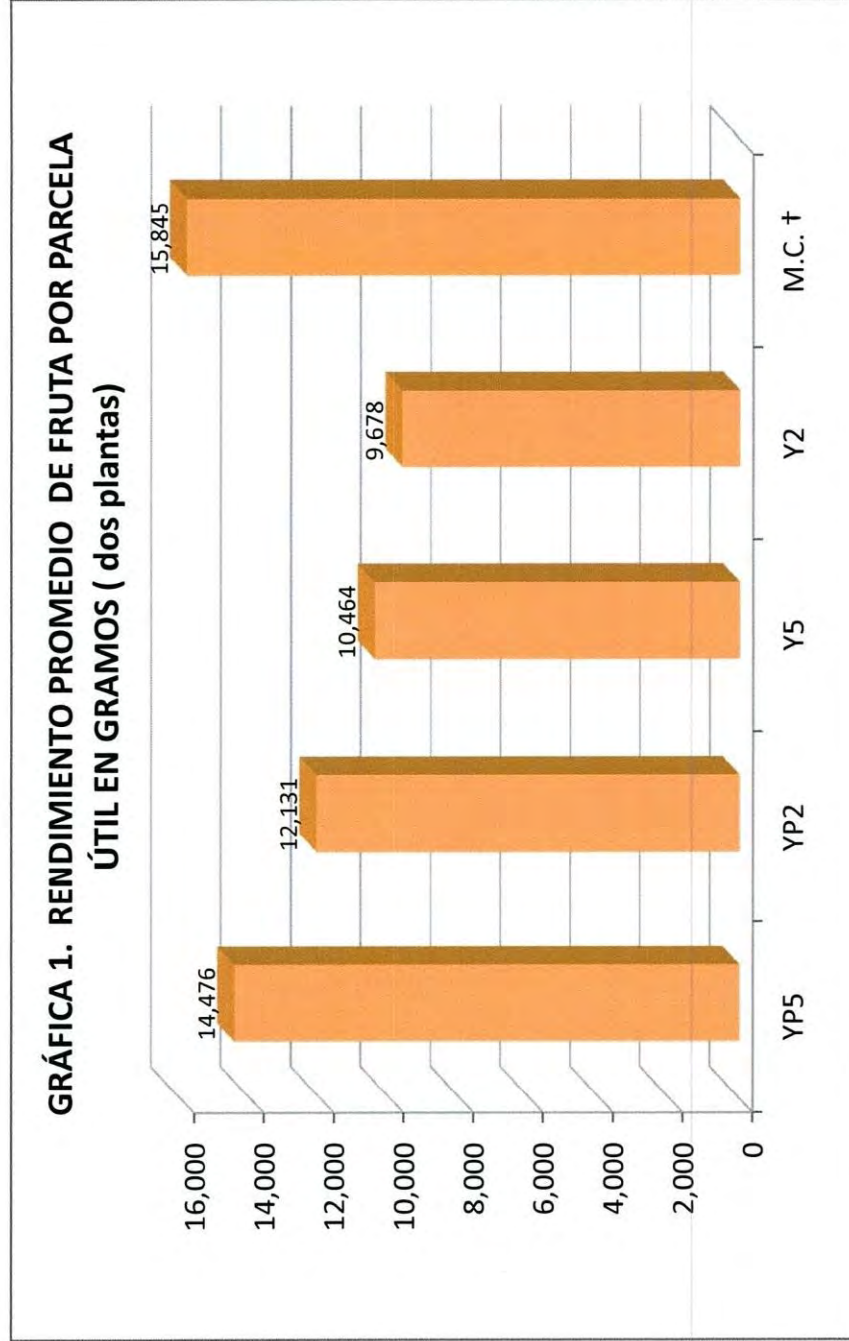
TRATAMIENTO	N-NO3 (mg k <sup>-1</sup> )	P-PO4 (mg k <sup>-1</sup> )	B (mg k <sup>-1</sup> )	S (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (mg k <sup>-1</sup> )	Cu (mg k <sup>-1</sup> )	Zn (mg k <sup>-1</sup> )
Y5	543	1,757	33	0,03	3,02	2,41	0,47	0,91	48	16	64
Y2	300	1,468	32	0,04	2,89	2,21	0,47	0,89	64	15	71
YP5	393	1,596	33	0,04	2,39	1,96	0,48	0,81	45	16	72
YP2	292	1,388	31	0,03	2,27	2,18	0,54	0,91	50	15	83
T	424	1,468	32	0,04	2,70	1,90	0,45	0,94	60	15	65

NIVELES DE REFERENCIA	800-1000	2000-3000	30-60	0,20-0,30	1,50-2,50	0,80-2,0	0,20-0,35	< 0,50	30-100	5,0-30	25-75
-----------------------	----------	-----------	-------	-----------	-----------	----------	-----------	--------	--------	--------	-------

AGROANALÍTICA 2000 S.A. DE C.V.



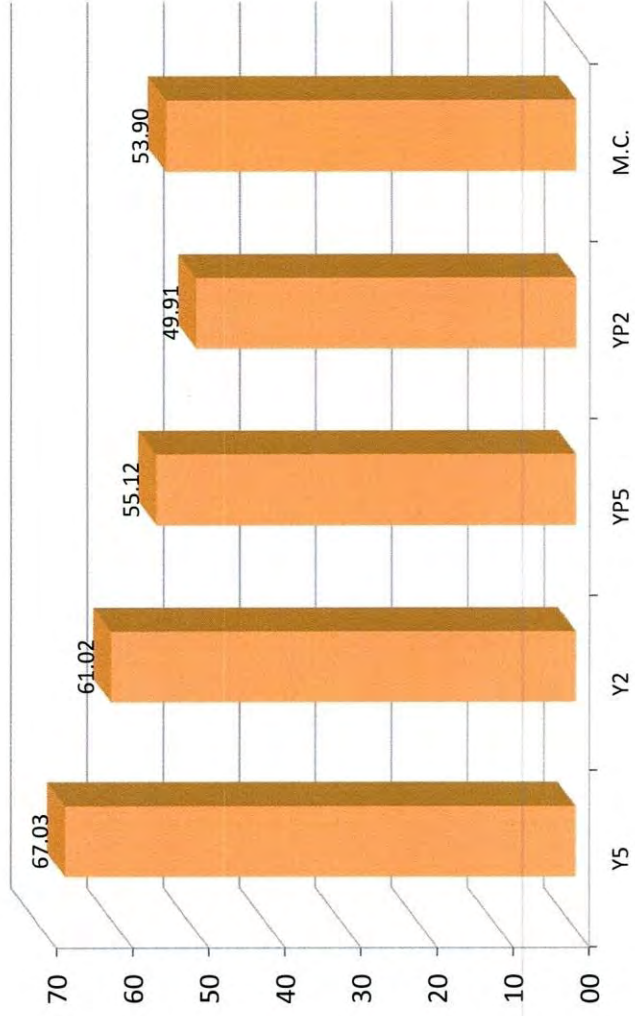
YP5	YP2	Y5	Y2	M.C. †
14,476	12,131	10,464	9,678	15,845



† Manejo Comercial (Testigo )

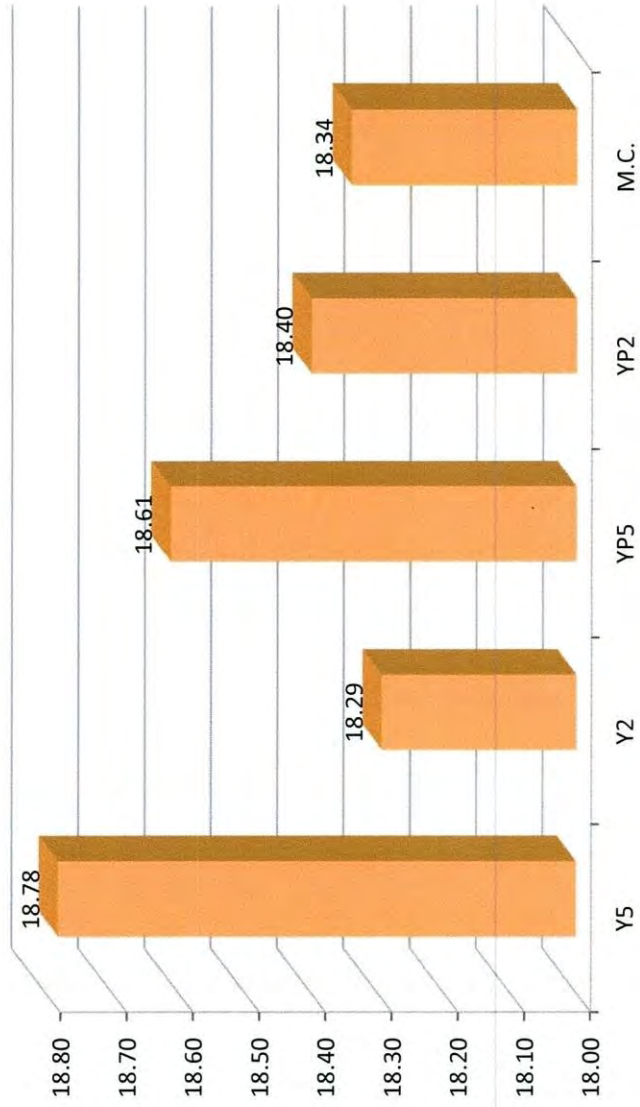
Y5	Y2	YP5	YP2	M.C.
67.03	61.02	55.12	49.91	53.90

**GRÁFICA 2. CRECIMIENTO PROMEDIO DE BROTES EN CM**



Y5	Y2	YP5	YP2	M.C.
18.78	18.29	18.61	18.40	18.34

**GRÁFICA 3. DIÁMETRO ECUATORIAL PROMEDIO DE BAYAS EN MM**

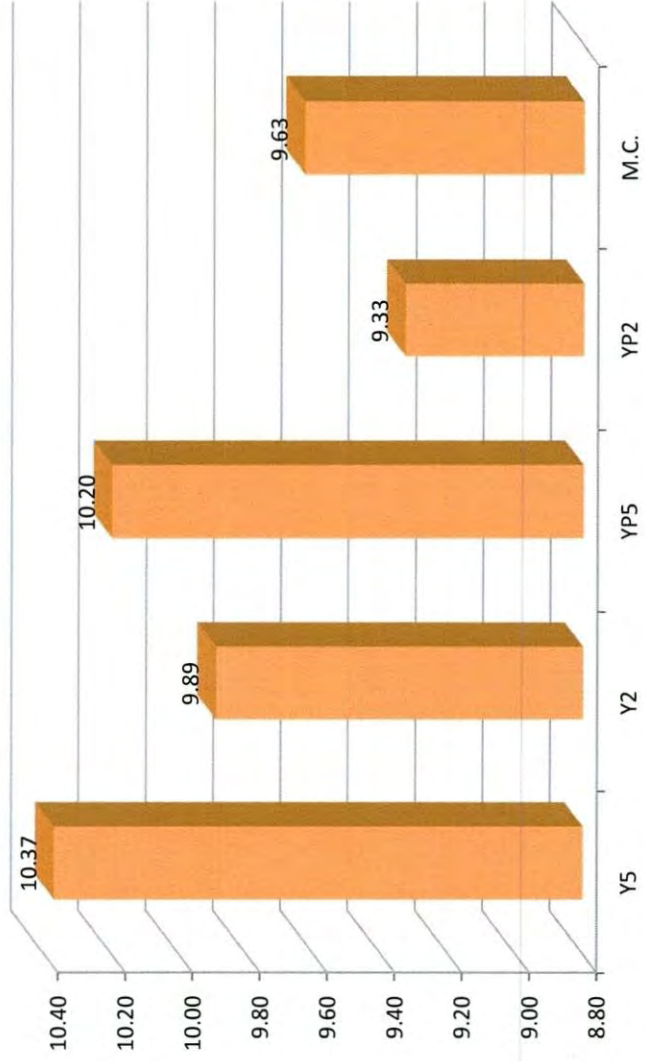


M.C. Manejo Comercial ( testigo)

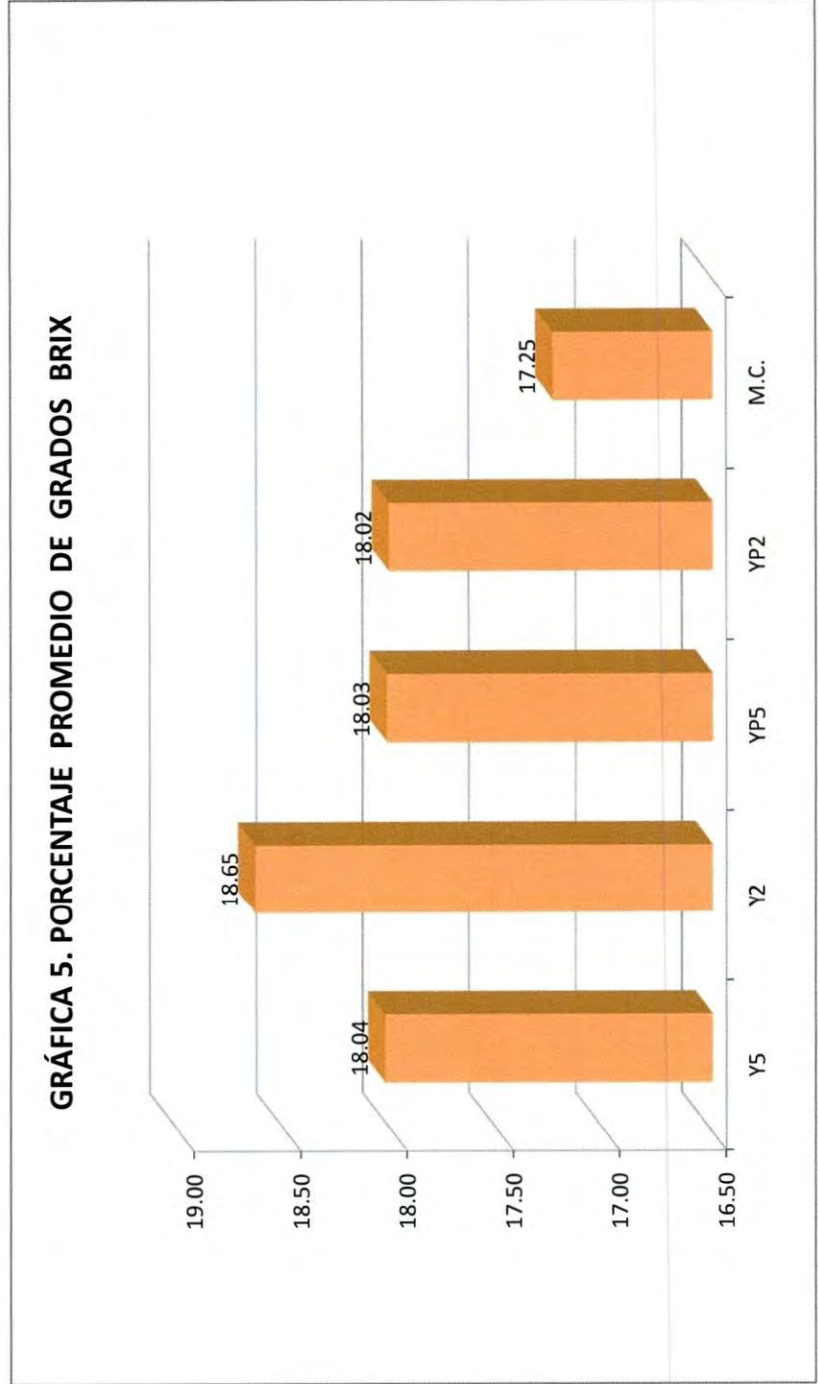


Y5	Y2	YP5	YP2	M.C.
10.37	9.89	10.20	9.33	9.63

**GRÁFICA 4. DIÁMETRO PROMEDIO DE CAÑAS EN MILÍMETROS**



Y5	Y2	YP5	YP2	M.C.
18.04	18.65	18.03	18.02	17.25



M.C. Manejo Comercial (testigo)