

COMPORTAMIENTO DE LOS FRUTOS DE LA VID (Vitis vinifera L.) BAJO DIFERENTES CONDICIONES HÍDRICAS

HECTOR GARZA SALAS

T E S I S

**Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en
Producción Agronómica**



**Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"
Unidad Laguna
Subdirección de Postgrado
Torreón, Coah. Diciembre de 1997.**

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCION AGRONOMICAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: Claudio Godoy A.
M.S. Claudio Godoy Ávila

Asesor: [Signature]
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor: [Signature]
Ing. M.C. Alejandro Moreno Resendez.

[Signature]
M.C. Jesús Vielma Sifuentes
Encargado de Postgrado Unidad Laguna

[Signature]
Dr. Jesús Fuentes Rodríguez
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Torreón, Coahuila. Diciembre de 1997

DEDICATORIA

A mi esposa por su apoyo y comprensión.

Con cariño para mis hijos: Hector Manuel, Mirna Yadira y Eduardo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autonoma agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

Al Ing. M.S Claudio Godoy Avila.

Al Dr. Emiliano Gutierrez del Rio.

Con respeto a todos mis profesores.

COMPENDIO

COMPORTAMIENTO DE LOS FRUTOS DE LA VID (Vitis vinifera L.)
BAJO DIFERENTES CONDICIONES HIDRICAS

POR

HECTOR GARZA SALAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN AGRONÓMICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA DICIEMBRE 1997

M.S. Claudio Godoy Ávila - Asesor -

Palabras clave: Desarrollo, Azúcar, Potencial Hídrico.

El presente estudio se realizó durante 1994 fundamentado en que poca investigación ha sido dirigida a conocer como una deficiencia de agua afecta el tamaño y la acumulación de azúcares en el fruto de la vid.

Tampoco existe mucha información que relacione cuantitativamente estos dos parámetros con el estado hídrico del racimo o de la hoja.

En relación a lo anterior se realizó el presente trabajo en el que se plantearon los siguientes objetivos: Conocer las relaciones hídricas del fruto y de la hoja de vid sometidos a diferentes niveles de agua y su relación con el crecimiento y acumulación de azúcares en el fruto y comparar las relaciones hídricas interna entre las hojas y frutos. Se utilizó un viñedo de 18 años de edad del cv Grenache, el cual fue sometido durante la fase III del crecimiento del fruto a tres niveles de evapotranspiración (ET): 0, 30 y 70%. Tres veces por semana se midió el volumen y la concentración de azúcar del fruto, así como el potencial hídrico de la hoja (Ψ_h) y del racimo. (Ψ_r). Se encontró que el volumen y los gramos de azúcar del fruto en el tratamiento del 70% de ET, fueron significativamente más altos que en los otros dos tratamientos. El Ψ_r , presentó una mayor sensibilidad y respuesta a los tratamientos, que la mostrada por el Ψ_h . Cuando el Ψ_r alcanza valores de -1.1 Mpa, el crecimiento del fruto y la acumulación de azúcares cesan.

ABSTRACT

BEHAVIOR OF THE FRUITS OF THE GRAPE (Vitis vinifera L.) UNDER
DIFFERENCES CONDITIONS OF WATER

BY

HECTOR GARZA SALAS

MASTER OF SCIENCE

AGRONOMY PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA DICIEMBRE 1997

M.S. Claudio Godoy Ávila - Advisor-

Key words: Growth, Sugar, Water Potential

This study was made in 1994, because limited research has been focused to know how a water deficit affect the size and sugar accumulation of the grape fruit. We don't have either, information to relate this two parameters with cluster and leaf water status.

A study was conducted which main objectives were: to know cluster and leaf water relations under different soil water conditions and its relation with fruit growth and sugar accumulation, so that, the comparison of the internal water relations between fruits and leaves.

This work was enhanced in a vineyard of 18 years old, planted with the Grenache cultivar, which was subjected during the phase III of the fruit growth to three evapotranspiration (ET) levels which were 0, 30 and 70 %. Three times per week, volume and sugar fruit were measured, so that, leaf (Ψ_l) and cluster (Ψ_c) water potential.

It was found that, the values of volume and sugar accumulation of the fruit under the 70 % of the ET, were higher than in the 0 and 30 % of the ET. Ψ_c showed a better response and sensibility to the treatments applied than Ψ_l . It seems that, when Ψ_c reach values of -1.1 Mpa, fruit growth and sugar accumulation ceased.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE FIGURAS.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Hipótesis	5
II. REVISION DE LITERATURA	6
2.1 Fenología del fruto	6
2.2 Respuesta del fruto al estrés de agua	8
2.3 Relación hídrica de la hoja y el racimo	12
III. MATERIALES Y METODOS	13
3.1 Descripción del área de estudio	13
3.1.1. Clima	13
3.1.2 Hidrología	14
3.1.3 Descripción del sitio experimental.....	15
3.2 Volumen y peso fresco del fruto.....	17
3.3 Grados brix	17
3.4 Gramos de azúcar	17
3.5 Potencial hídrico total	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	19
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RESUMEN	29
VII. LITERATURA CITADA.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Volumen del fruto de la vid Cv. Grenache bajo tres niveles de la E.T.	20
2	Dinámica de acumulación de azúcar en el fruto de la vid bajo tres niveles de la E.T.	22
3	Variación en el potencial hídrico de la hoja de vid bajo tres niveles de la E.T.	24
4	Variación en el potencial hídrico del racimo de la vid bajo tres niveles de la E.T.	26

I. INTRODUCCION

La Comarca Lagunera es una región de clima árido con una precipitación media anual de 231 mm y una evaporación potencial media anual de 2,111 mm, esto es nueve veces mayor que la precipitación, por lo que todos los sistemas de producción dependen totalmente del suministro del agua de riego; esta característica hace factible la producción vitícola. Sin embargo, también estas condiciones propician que la vid dependa en un 99 % del agua suministrada por el acuífero subterráneo, lo cual provoca un abatimiento de éste de 1.5 a 1.7 m por año.

En los últimos nueve años se ha registrado una disminución en la superficie plantada con vid. Como ejemplo se puede mencionar que en 1987 la superficie plantada ocupaba 6,654 ha y para 1997 solo existen 2,911 ha con este cultivo. Esta disminución en la superficie no repercutió en la importancia social y económica del cultivo, ya que su proceso productivo genera fuentes de trabajo, especialmente en la época de invierno, cuando la actividad agrícola en otros cultivos es escasa; además en el sistema de producción vitícola como lo es el agua, la mayoría de los viticultores definen sus riegos basándose en sus experiencias, aplicando calendarios de riego fijos a través del ciclo del cultivo año con año. Sin embargo, debido a que en la región no existe una demanda evapotranspirativa uniforme a través de los años, el programar las fechas y cantidades de agua para el riego utilizando la evapotranspiración promedio del

año típico no es lo más adecuado, por lo que se ha desarrollado un método dinámico para la programación de los riegos en la vid basado principalmente, en la evaporación registrada en un tanque evaporímetro clase "A", el cual es el resultado de varios años de investigación a través de los cuales se han definido los elementos de la ecuación para pronosticar los riegos durante el ciclo fenológico de la vid. Los resultados de estas investigaciones indican dos fases bien diferenciadas: la primera abarca desde el inicio de la brotación hasta el inicio de la floración (mediados de marzo a mediados de abril), y se considera que en esta etapa el consumo de agua por la planta es más bajo que en la segunda fase, la cual abarca desde la floración y amarre del fruto hasta su maduración fisiológica (cuarta semana de abril a última semana de julio).

Se ha definido que en los frutos con semilla, el volumen de éstos sigue un comportamiento de una curva doble sigmoide. En esta curva se muestra que desde la floración hasta el cambio de color del fruto (envero), la actividad principal del fruto es la división celular, mientras que la acumulación de azúcares (grados Brix) es muy baja debido, principalmente, a que la producción fotosintética se distribuye uniformemente vía floema para todas las partes de la planta, lo que trae consigo la baja acumulación de azúcares en los frutos, donde una vez que ha ocurrido el cambio de color (envero) y la formación de semilla, se inicia el crecimiento del fruto por elongación celular y se presenta una acumulación más fuerte de azúcares en el mismo. Los procesos antes citados son más pronunciados después del envero, debido a que en esta etapa existe un bloqueo del xilema, que impide la salida del agua y los azúcares

dentro del fruto y que fueron translocados desde la hoja. Esto contrasta con lo que sucede en la etapa comprendida desde el inicio de la floración al envero.

Por lo anteriormente expuesto, resalta la importancia que tiene el agua durante el período comprendido del envero a la madurez fisiológica, ya que es el responsable directo de llevar los azúcares al fruto, por lo que es fácil suponer que suministros adecuados de agua a la planta traen consigo altas concentraciones de azúcar y tamaños adecuados de los frutos, desconociéndose en forma precisa, el comportamiento que tienen con sus relaciones hídricas debido a que la mayoría de las investigaciones realizadas se han enfocado, principalmente, al estudio de las relaciones hídricas de las hojas.

Considerando lo anterior, se planteó el presente trabajo con el propósito de conocer y entender los efectos del estrés hídrico en el comportamiento de los frutos y su relación con el comportamiento que ocurre en las hojas. Lo anterior será de gran utilidad para reforzar aún más los criterios de programación de riegos en este cultivo, obtenidos a través de la investigación desarrollada anteriormente.

1.1. OBJETIVOS

- Cuantificar las relaciones hídricas internas del racimo de la vid sometido a diferentes condiciones de humedad en el suelo.
- Estudiar el efecto que tiene el estrés de agua en la velocidad de acumulación de azúcares y volumen de los frutos.
- Determinar comparativamente las relaciones hídricas de la hoja y de los frutos bajo diferentes niveles de estrés.

1.2. HIPOTESIS

- La presencia de estrés de agua durante la acumulación de azúcar, afecta la translocación de azúcares y disminuye su concentración en el fruto.
- La calidad de los frutos en lo referente a su volumen y grados Brix disminuye conforme aumenta el estrés de agua.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Fenología del Fruto de la Vid

Coombe (1976) y (1983), al igual que Hardie y Considine (1976), Matthews *et al.*, (1987) y Smart y Coombe (1983), establecieron que el crecimiento del fruto de la vid se ajusta a una curva doble sigmoide donde las fases I y III son separadas por una segunda fase de retraso. Durante la fase I, el crecimiento del pericarpio es rápido debido a la elongación y división celular, más tarde debido solamente a la elongación celular (Harris *et al.*, 1968); durante esta etapa los frutos acumulan ácidos organicos pero muy poca azúcar y permanecen verdes y duros. La fase II, es referida como la fase de retraso del desarrollo, debido a que el crecimiento del fruto disminuye significativamente, reanudandose dicho crecimiento con el inicio de la fase III, como un resultado de la elongación de las células; durante esta fase se acumulan rápidamente azúcares y color en el fruto y al mismo tiempo la concentración de ácidos organicos disminuyen.

Winkler (1962) mencionó que el crecimiento para muchos frutos con hueso o semilla se lleva a cabo en tres períodos:

Período 1.- Los frutos se agrandan rápidamente mientras que el embrión permanece pequeño.

Período 2.- Durante este período el embrión se desarrolla y se retrasa el crecimiento del fruto.

Período 3.- En esta etapa el crecimiento del fruto nuevamente se acelera.

Esta secuencia al parecer indica una competencia entre el desarrollo de la semilla o hueso y la del fruto. El mismo autor mencionó que para los frutos con semilla es aceptada la curva doble sigmoide, la cual difícilmente puede adaptar a frutos sin semilla. También este investigador menciona que la maduración de la baya está determinada principalmente por la variedad y por la cantidad total de unidades calor acumuladas. Desde la época de formación hasta su cosecha los frutos están continuamente cambiando en composición. Algunas sustancias como el azúcar aumentan en cantidad y otras como el ácido disminuyen conforme se aproximan las bayas a la madurez y los azúcares producidos en las hojas, se mueven através del floema hacia los órganos de la planta (frutos) donde son empleados para su crecimiento o bien hacia donde son acumulados como alimento de reserva (raíz y tronco). Para el tiempo en que el fruto alcanza la mitad o a las tres cuartas partes de su tamaño, los brotes de la vid detienen su crecimiento activo, no obstante que las hojas continúan funcionando normalmente.

Morteau (1956), citado por Winkler (1962) mencionó que durante la fase III, los materiales hidrocarbonatados (azúcar y almidón) que se almacenaron en las hojas y en las partes leñosas de la vid son translocados hacia el fruto en donde existe una rápida acumulación de azúcares.

Coombe (1976) encontró que el comportamiento del fruto referente a su incremento en volumen, es ocasionado, principalmente por incrementos en su contenido de agua, ya que el peso seco disminuyó y la cantidad de azúcares en los frutos tratados con auxinas no fueron diferentes a los encontrados en los testigos.

Godoy y López (1993) en estudios realizados en la Región Lagunera encontró que de acuerdo a la variedad utilizada, la dinámica de acumulación de azúcares es diferente, encontrándose, además, que esta acumulación es afectada por las fechas de aplicación de los riegos.

Creasy *et al.*, (1993) en un estudio realizado en el que usaron ocho frutos, encontraron que cinco de éstos se suavizaron antes o el mismo día en que la baya comenzó a expandirse rápidamente y solo una mostró una curva doble sigmoide .

2.2. Respuesta del Fruto a Estrés de Agua

Kriedeman y Smart (1971) establecieron que los frutos de la vid parecen ser más sensibles a deficiencias de agua durante la maduración y encontraron que la ausencia de humedad disponible en el suelo durante este período provoca un retraso en la maduración de la baya.

Coombe (1976) señaló que la baja disponibilidad del agua en el suelo durante la maduración del fruto afecta la translocación de fotosintatos, disminuyéndose el tamaño y la cantidad de azúcares en el fruto; además de provocar un retraso en su maduración.

Freeman y Smart (1976) al igual que Godoy y López (1990b) encontraron que el consumo de agua es muy intenso durante las fases I y II del crecimiento del fruto e inicio en la acumulación de carbohidratos

Godoy (1985) usó el cultivar Carignane y estudió diferentes niveles de humedad en el suelo usando y encontró que los riegos deberan ser aplicados cuando la humedad aprovechable en el suelo alcance un 40% durante el período de la brotación a la cosecha y así obtener altos rendimientos y calidad del fruto.

Liu *et al.*, (1978) analizaron varios trabajos enfocados a estudiar la fase I del desarrollo del fruto, y encontraron que la mayoría de ellos coinciden en que

esta fase es muy sensible a deficiencias de agua las cuales afectan de manera irreversible el tamaño del fruto.

Creasy *et al.*, (1983), citados por Godoy y Lopez (1993), establecieron que la fase III del crecimiento del fruto, depende fuertemente del azúcar y agua que son translocados de las hojas hacia los frutos, de tal forma que si se desea una acumulación alta de azúcar se demanda un suministro alto de agua.

Godoy (1985) indicó que la respuesta entre cultivares de vid en relación a su demanda de agua en sus diferentes fases de crecimiento del fruto no es igual.

Godoy y Lopez (1990) en sus estudios realizados durante un período de seis años, determinaron que durante la brotación y el crecimiento inicial del brote, éstos pueden alcanzar del 25 al 35 % de su crecimiento total con consumos de agua por la planta muy bajos aún cuando su disponibilidad en el suelo sea alta.

Godoy y Huitrón (1995) encontraron que el consumo de agua es muy bajo durante la brotación y parte del crecimiento de los brotes y al inicio de la floración, ya que estos procesos dependen o son mantenidos por las reservas de carbohidratos almacenados el año anterior, que cuando son adecuados abren la posibilidad de no aplicar agua durante este período. Godoy y Lopez (1993) encontraron que cuando se usa la combinación de portainjertos con

variedades productoras, el primer riego en el año se puede aplicar cuando el crecimiento de los brotes ha alcanzado aproximadamente el 35 % de su crecimiento total; sin embargo, el consumo de agua posterior a este período se intensifica, principalmente, durante el crecimiento y desarrollo del fruto.

Godoy y Lopez (1993) mencionaron que durante el incremento en el volumen de los frutos, el consumo de agua es muy intenso y uniforme en todos los estratos de suelo hasta una profundidad de 00-90 cm. Sin embargo, cuando el fruto está creciendo y acumulando azúcar existen diferencias en el consumo de agua, ya que durante el período comprendido de la floración al envero es menos intenso que en el período del envero a la maduración.

Godoy y Lopez (1993) muestran resultados en donde no existe diferencia en la acumulación de grados brix cuando se aplicó agua a través del riego por goteo en forma diaria, sin embargo cuando se comparó a los obtenidos con riego superficial, encontraron que intervalos de riego largos afectan negativamente la acumulación de grados brix.

Creasy *et al.*, (1993) mencionaron que una disminución en la acumulación de potasio antes del envero sugiere que el fruto se está alimentando con agua y minerales vía xilema ya que los iones que se están acumulando más fuertemente en el fruto son de calcio, por lo que el contenido de éste en el fruto ha sido usado como un indicador del flujo del xilema. Estos

mismos autores mencionan que el contenido de potasio en el fruto está generalmente asociado con el flujo del floema.

2.3. Relaciones Hídricas de la Hoja y el Racimo

La mayoría de los trabajos realizados en el aspecto de las relaciones hídricas en la vid, han sido dirigidos a estudiar únicamente el estado hídrico de las hojas con el propósito de asegurar un régimen adecuado de riego (Grimes y Williams, 1990; Hardie y Considine, 1976; Kamande *et al.*, 1996 y Matthews *et al.*, 1987), desconociéndose por completo el grado de estrés hídrico que experimenta el racimo, por lo que es difícil extrapolar estos resultados de un clima (demanda evaporativa) a otro, o de una textura de suelo (capacidad de retención) a otra. Esto es claramente demostrado por la variación y la poca consistencia en los resultados de las investigaciones en donde el efecto del riego en el crecimiento vegetativo y reproductivo han sido reportados aún sin la cuantificación del estado hídrico de las hojas (Huitrón y Godoy, 1996 y Matthews *et al.*, 1987)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del Área de Estudio

La Comarca Lagunera, se encuentra localizada a 1,139 metros sobre el nivel del mar entre los meridianos 101°41' y 104°61' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, Inglaterra, y entre los paralelos 24°59' y 26°53' de latitud norte. Tiene una superficie de 46,372 kilómetros cuadrados, de los cuales 21,747 pertenecen a cinco municipios del estado de Coahuila: Torreón, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero y Viesca; y 24,625 kilómetros cuadrados a 10 municipios del Estado de Durango: Lerdo, Gómez Palacio, Mapimi, Tlahualilo, Nazas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo y Simon Bolivar.

3.1.1. Clima

La Comarca Lagunera cuenta con temperatura media de 21°C con rango de 33.7°C como máxima y como mínima de 7.5°C, en cuanto a la incidencia de granizadas, éstas ocurren en los meses de Mayo y Junio.

El promedio de precipitación pluvial es de 231 mm y una evaporación media de aproximadamente 2,111 mm anuales, lo que genera una relación precipitación-evaporación de 1:9. Se presenta también un período libre de heladas comprendido de mediados del mes de marzo a principios de diciembre, aunque en algunos años (1977, 1980, 1987) se han presentado heladas tardías (diciembre) y en otros años han ocurrido antes de noviembre.

3.1.2. Hidrografía

El área hidrográfica de la Comarca Lagunera está constituida, principalmente, por la cuenca del Río Nazas y del Río Aguanaval; una tercera fuente lo forma el acuífero subterráneo.

El Río Nazas nace en el centro del Estado de Durango, cuenta con una cuenca de 36,323 km², una longitud de 220 km y un escurrimiento medio anual de 1,098 millones de m³, sobre el cauce de este Río se encuentran ubicadas las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco.

El río Aguanaval nace en el Estado de Zacatecas, tiene con una cuenca de 2,534 km², una longitud de 305 km y un escurrimiento medio anual de 160 millones de m³. A lo largo del Río Aguanaval existen dos presas construidas en el Estado de Zacatecas, una de ellas es la Leobardo Reynoso con una

capacidad de almacenamiento para 73 millones de m^3 , y la otra el Cazadero cuya capacidad es de 30 millones de m^3 .

Como tercera fuente de abastecimiento de la Comarca Lagunera está el acuífero subterráneo con la cual se riegan aproximadamente 50,142 ha por medio de 1581 pozos.

3.1.3. Descripción del Sitio Experimental

El trabajo se realizó, durante el año de 1994, en el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP) de la Comarca Lagunera, ubicado en el km 17 de la carretera Torreón-Matamoros del estado de Coahuila. Para el experimento se utilizaron plantas de vid de la variedad Grenache, de 18 años de edad, las cuales están en el lote número once que tiene una superficie total de 0.2 ha y una población de 288 parras, con una distancia entre hileras de 3.0 m y entre plantas de 2 m, asimismo el lote, está acondicionado con sistema de riego a presión para aplicar el agua en forma de goteo.

El trabajo inició al aplicar el primer riego en la brotación (a mediados de marzo). Posteriormente se aplicó a todo el lote experimental la técnica del balance de agua para determinar cuándo regar hasta el inicio de la floración. Durante este período (marzo-mayo), los requerimientos de agua por la planta se satisficieron conociendo la evaporación registrada en un tanque evaporímetro clase "A" y afectada por un factor de cultivo (K_c) de 0.4. Después

del riego de floración y durante la fases I y II de crecimiento del fruto la fecha de aplicación de los siguientes riegos fué definida utilizando el método de pronóstico del riego propuesto por Godoy (1987), solo que la evaporación del tanque fue afectada por un factor de cultivo de 0.6.

Una vez iniciado el envero o cambio de color, que coincide con el inicio de la tercera fase de crecimiento del fruto, se aplicó un riego independientemente del pronóstico con el fin de elevar el suelo a capacidad de campo, hasta una profundidad de 90 cm, y a partir de este momento se dió inicio a la aplicación de los tratamientos experimentales que consistieron en afectar con el: 0, 30 y 70 % de la evapotranspiración (ET), aplicándose el agua en forma diaria a través del sistema de riego por goteo. La ET para cada tratamiento se estimó usando la ecuación:

$$ET = E_o * K_t * K_c$$

donde:

ET = Evapotranspiración (mm)

E_o = Evaporación en el tanque evaporímetro clase
"A " (mm)

K_t = Coeficiente del tanque evaporímetro, el cual
considera el medio ambiente que rodea al
tanque (Doorenbos y Pruitt, 1975)

K_c = % de la ET por aplicar (0, 30 y 70 % de ET)

Una vez iniciado los tratamientos el experimento se manejó bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Donde la parcela total fue cuatro hileras con 16 plantas cada una y la parcela útil dos hileras centrales.

3.2. Volumen y Peso Fresco del Fruto

Para estas determinaciones se muestrearon al azar veinticinco frutos por tratamiento, cada siete días durante el período comprendido de floración hasta el cambio de color (envero), después de éste, hasta la maduración del fruto, se muestrearon tres veces por semana; las muestras se pesaron en una balanza de precisión para posteriormente determinar el volumen del fruto por desplazamiento de estos en un volumen de agua conocido.

3.3. Grados Brix

Esta determinación se hizo a nivel de campo, colectando para ello 25 granos al azar por cada tratamiento, cada siete días, en el período de floración-envero y para el período envero-maduración, el muestreo se realizó cada tercer día. Una vez colectadas las muestras se les extrajo el jugo y se colocó en un refractómetro manual para determinar los grados Brix de la muestra.

3.4. Gramos de Azúcar

Este parámetro se estimó usando la siguiente relación:

$$A = {}^{\circ}B \cdot P$$

donde:

A= Azúcar (gr)

${}^{\circ}B$ = Sólidos solubles (fracción del peso de la baya)

P= Peso fresco del fruto (gr).

3.5. Potencial Hídrico Total (Ψ_t)

El potencial hídrico total, en hoja y en el racimo, se midió al mediodía usando la bomba de presión tipo Scholander. Del inicio de la brotación al inicio de la floración, la medición se realizó cada siete días. Del inicio de la floración al envero se realizó cada tres días. Del envero a la maduración del fruto las mediciones, tanto en la hoja como en el racimo se realizaron de diariamente. En cada período de muestreo se tomaron cinco racimos y sus hojas opuestas, ambos ubicados en el sexto nudo del brote.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Después del amarre del fruto (Figura 1), su volumen se incrementó rápidamente por un período de 30 a 32 días (fase I), posteriormente, el volumen mostró incrementos mínimos por siete días (fase II); Desde el inicio de la aplicación de los tratamientos, que fue a los 45 días después del amarre del fruto (DDAF) y hasta los 60 DDAF, los incrementos en volumen fueron similares entre los tratamientos. Posteriormente, el incremento en el volumen fue mayor donde se aplicó el 70% de la ET que con el 30%, el cual a su vez fue mayor que en el de 0%, cuyo volumen ya no cambió desde los 60 hasta los 100 DDAF. El volumen final del fruto en el tratamiento del 70% fue de un 15 a un 25% más alto que en los tratamientos del 30 y 0% respectivamente. Se observa también en la Figura 1, que en el tratamiento del 70%, el volumen del fruto no cesa al momento de la cosecha (80-85 DDAF), lo que sugiere que el incremento en el volumen del fruto es mantenido por los valores altos del potencial hídrico del racimo (Ψ_r), aún a pesar de valores bajos de potencial hídrico de la hoja (Ψ_h). Los resultados anteriores al igual que los encontrados en otros estudios (Considine y Knox, 1979; Coombe, 1976; Smart y Coombe, 1983; Matthews *et al.*, 1987 y Godoy y López, 1990a), demuestran que una deficiencia de agua en la fase III, afecta negativamente el volumen del fruto, debido a una turgencia baja que afecta directamente la capacidad de crecimiento o elongación celular (Hsiao, 1973; Zimmermann y Steudle, 1978; Van Zyl, 1985 y Van Lersel, 1993).

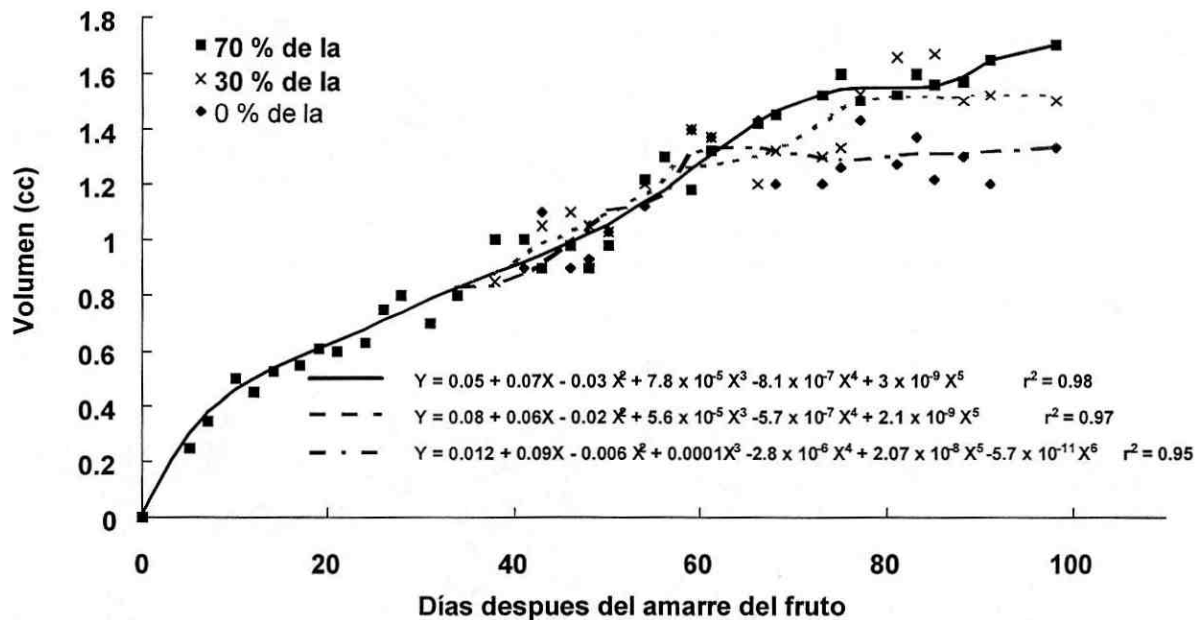


Figura 1. Volumen del fruto de la vid Cv Grenache bajo tres niveles de la ET. 1994.

Durante las fases I y II, que comprenden desde el amarre del fruto hasta los 40 DDAF (Figura 2), el incremento en la cantidad de azúcar es muy bajo, fluctuando desde 0.02 gr a los 5 DDAF hasta 0.06 gr a los 40 DDAF. Este comportamiento ha sido relacionado con el hecho de que la contribución del xilema es muy significativa al aportar agua y minerales a la baya, mientras que la contribución con azúcares y agua por el floema es mínima, siendo esta la razón por la cual el azúcar durante esta fase es todavía muy baja (Coombe, 1992; Creasy *et al.*, 1993; Creasy y Lombard, 1993).

La acumulación más fuerte de azúcar para los tres tratamientos de riego se inició a los 41 DDAF, es decir, de tres a cuatro días antes del envero. A partir de esta fecha y hasta los 60 DDAF, no se presentaron diferencias entre tratamientos, debido a que aún en el tratamiento del 0% de la ET, la disponibilidad de agua en el suelo era adecuada. De los 60 hasta los 98 DDAF, la acumulación de azúcar en el tratamiento del 70% de la ET, fue más alta que en los otros dos tratamientos. En el tratamiento del 0% de la ET, los gramos de azúcar no cambiaron por un período de 15 días (60 a los 75 DDAF); después de este período, se incrementaron pero no de una forma significativa.

El valor final de azúcar en el tratamiento del 70% de la ET superó en un 8 y 16 % a los tratamientos del 30 y 0% de la ET respectivamente. En relación a lo anterior, en trabajos realizados por Coombe, 1992, Creasy *et al.*, 1993 y Godoy y Lopez, 1993, se ha encontrado que, precisamente, después del inicio del envero, la velocidad de acumulación de azúcar en el fruto se incrementa, debido a que la

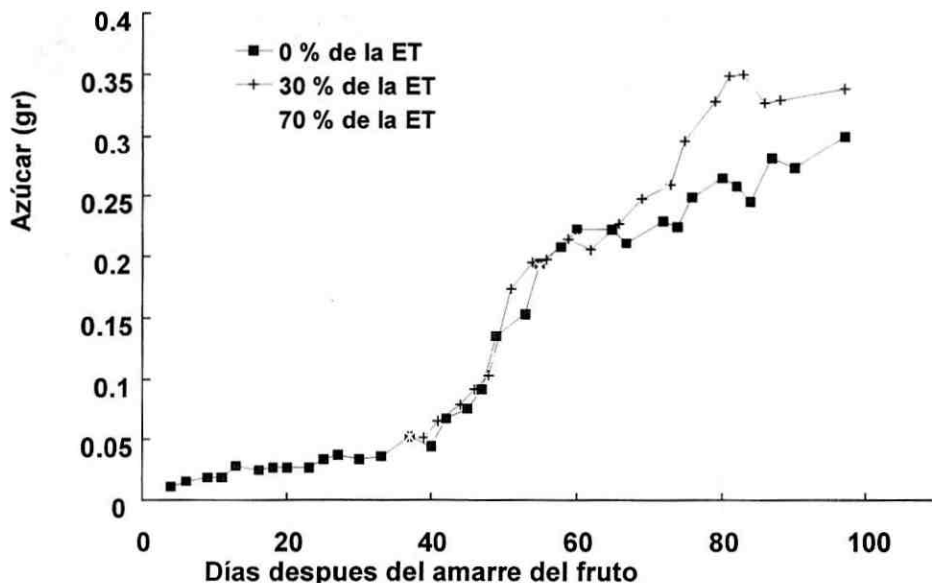


Figura 2. Dinámica de acumulación de azúcar en el fruto de la vid bajo tres niveles de la ET. 1994.

contribución con agua y minerales por el xilema se ve reducida por un bloqueo de éste (Coombe, 1992; Creasy *et al.*, 1993; During *et al.*, 1987; Findlay *et al.*, 1987) que se presenta al tiempo en que la baya inicia la fase III de su crecimiento, que es cuando ha acumulado alrededor de 0.05 a 0.07 gr de azúcar, valor que coincide con el encontrado en el presente estudio. Lo anterior implica que durante esta fase, la mayor parte del agua y azúcares que se acumulan en la baya, proceden del floema.

Lo encontrado en el presente estudio y que coincide con los trabajos arriba mencionados, muestran que altas cantidades de azúcar en el fruto podrán ser obtenidas, sólo cuando grandes cantidades de agua sean translocadas a éste, por lo tanto durante la fase III, se deberá de tratar de evitar el estrés de agua, ya que éste afectará la translocación de azúcares y agua de las hojas u otros órganos de reserva hacia el fruto.

En la Figura 3, se muestra la variación en el Ψ_h para los tres tratamientos de riego. En el período comprendido desde antes del inicio del envero (41 DDAF) hasta los 59 DDAF, los valores en el tratamiento del 0% de la ET fueron muy similares y estables, siendo estos de -1.2 a -1.3 Megapascals (MPa); para los otros dos tratamientos, los valores del Ψ_h fueron mas variables pero menos negativos que en el tratamiento del 0%. En el 70%, el Ψ_h varió de -0.9 a -1.27 MPa; mientras que en el 30 % fue de -1.05 a -1.27 MPa. Estas variaciones en la condición hídrica de las hojas en los tres tratamientos, no influyeron en el incremento de volumen del fruto durante este período (Figura 1).

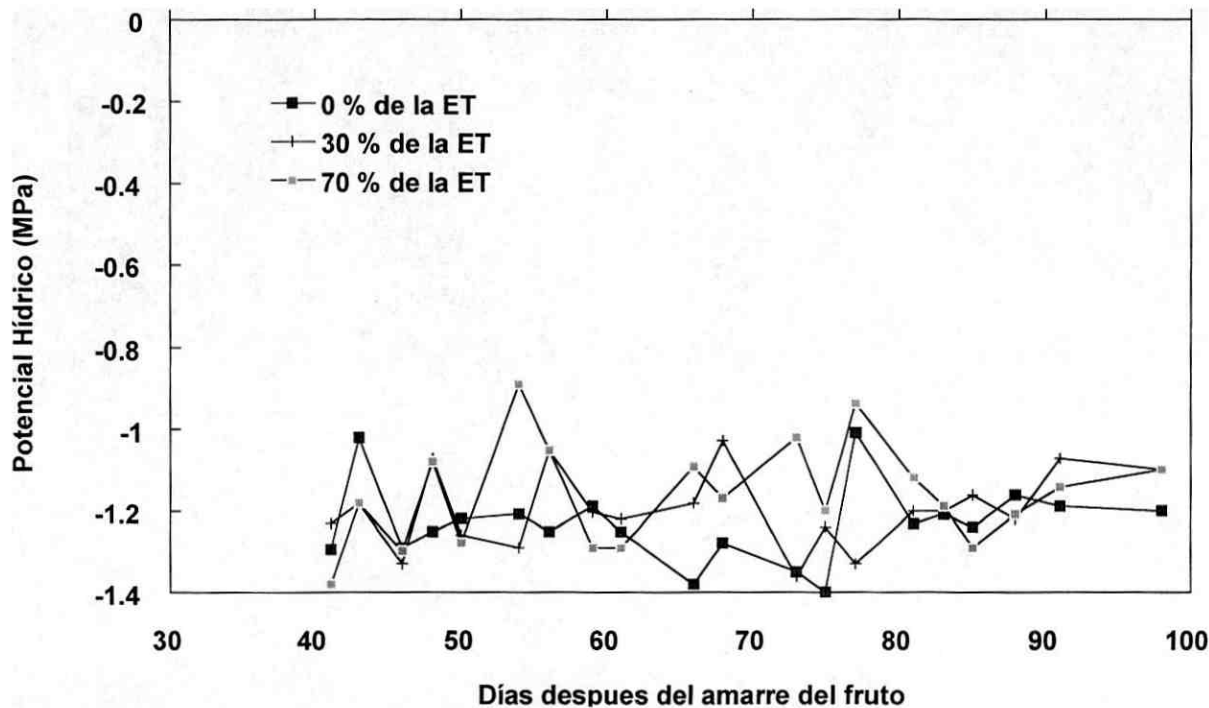


Figura 3. Variación en el potencial hídrico de la hoja de vid bajo tres niveles de la ET. 1994.

En el tratamiento del 0 % de la ET, a partir de los 59 DDAF (fecha a partir de la cual y por el resto del ciclo, cesó el incremento en el volumen del fruto), el Ψ_h fue de -1.2 MPa, se empezó a reducir hasta alcanzar su valor más bajo (-1.4 MPa) a los 16 días después de esta fecha. Después de este período con excepción del día 77 DDAF en que el Ψ_h alcanzó valores de -1.0 MPa, por la presencia de una lluvia, su valor fue estable durante el resto del ciclo, siendo éste de -1.2 MPa.

En el tratamiento del 30 % de la ET a partir de los 59 DDAF y por el resto del ciclo, el Ψ_h alcanzó valores ligeramente menos negativos (-1.1 a -1.2 MPa) que el tratamiento del 0 %; mientras que en el tratamiento del 70 %, el Ψ_h fue todavía menos negativo que en los otros dos tratamientos, fluctuando su valor entre -0.95 a -1.15 MPa. Los resultados anteriores reflejan, que la condición hídrica de la hoja en el tratamiento con un mejor nivel de humedad, fué ligeramente más favorable que en los tratamientos con un nivel mas bajo de humedad. Sin embargo, es importante señalar que estas diferencias todavía no reflejan de una manera clara los efectos de los tratamientos estudiados.

En la Figura 4, se muestra la variación en el Ψ_r para los tratamientos estudiados. Se observa que el Ψ_r presentó una menor variación y una mayor respuesta a los tratamientos estudiados que la mostrada por el Ψ_h . Desde antes del inicio del envero y hasta los 54 DDAF, la condición hídrica del racimo fue más favorable en los tratamientos del 70 y 30% de la ET, en comparación a la

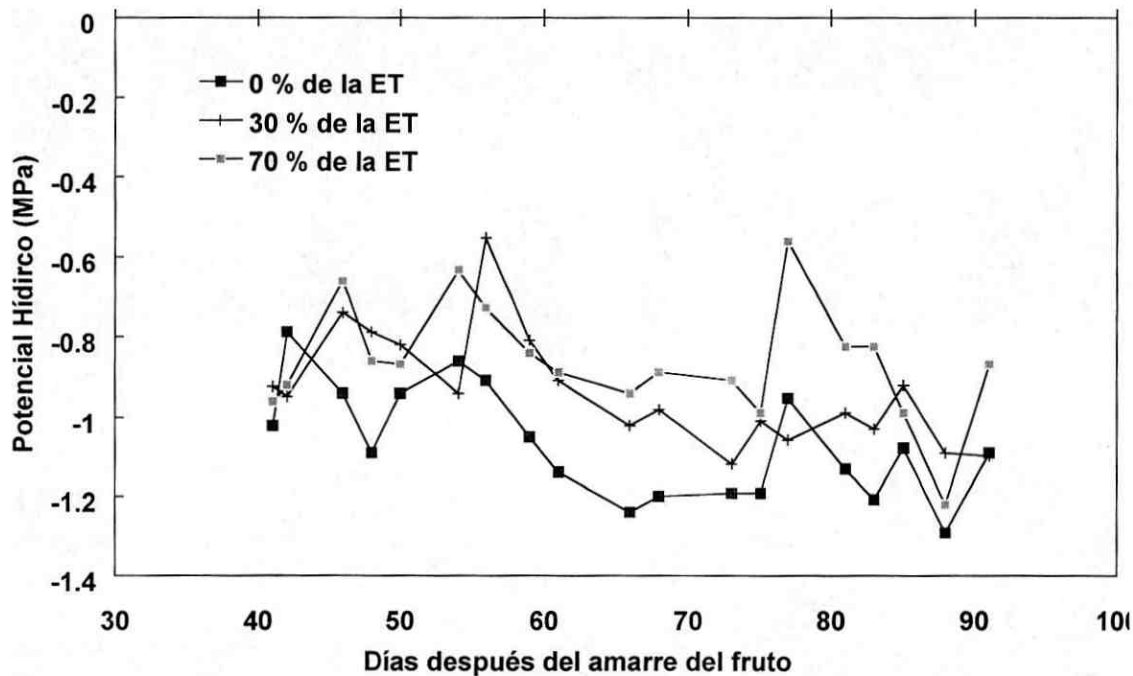


Figura 4. Variación en el potencial hídrico del racimo de la vid bajo tres niveles de la ET. 1994.

alcanzada en el tratamiento del 0 %, pero a pesar de esto, todavía no se detectan diferencias en la tasa de crecimiento del fruto (Figura 1).

A partir de los 54 y hasta los 60 DDAF, los valores del Ψ_r en el tratamiento del 0% de la ET empiezan a hacerse más negativos, pero a pesar de esto, el crecimiento del fruto es todavía sostenido a la misma velocidad que en los otros dos tratamientos; sin embargo, a partir de los 60 DDAF cuando el Ψ_r alcanza valores de -1.1 MPa, el crecimiento del fruto cesa, manteniéndose así por el resto del ciclo en que el valor del Ψ_r se mantiene en valores promedio de alrededor de -1.2 MPa.

En los otros dos tratamientos a partir de los 55 DDAF, los valores del Ψ_r también empiezan a disminuir, pero se estabilizan a los 62 días con valores de -0.9 y -1.0 MPa en los tratamientos del 70 y 30 % respectivamente, manteniéndose estos valores por casi la totalidad del ciclo. La mejor condición hídrica del racimo en el tratamiento del 70 % se reflejó en una mayor tasa de crecimiento y acumulación de azúcar en el fruto (Figura 1 y 2).

V. CONCLUSIONES

- 1) El volumen final del fruto fue afectado por el tratamiento de riego, siendo el 70 % de la ET superior en un 15 y 25 % a los tratamientos del 30 y 0 % respectivamente. Este mismo tratamiento supero en un 8 y 16 % en los valores finales de azúcar a los tratamientos del 30 y 0 % respectivamente.
- 2) En la fase III del desarrollo del fruto deberá de evitarse la presencia de estreses de agua para no afectar la traslocación de azúcares y agua de las hojas y de los órganos de reserva hacia el fruto.
- 3) Las relaciones hídricas del racimo presentaron una mayor sensibilidad y respuesta a los tratamientos de riego que la mostrada por las de la hoja.
- 4) Cuando el potencial del racimo alcanza valores de -1.1 Mpa el crecimiento y la acumulación de azúcar en el fruto cesa.
- 5) Es posible utilizar en la vid el potencial del racimo como indicador del riego, así como definir tanto el momento óptimo en que se debe de irrigar a este cultivo, como la de extrapolar este resultado a otras regiones vitícolas.

VI. RESUMEN

El presente estudio se realizó durante 1994 fundamentado en que poca investigación ha sido dirigida a conocer como una deficiencia de agua afecta el tamaño y la acumulación de azúcares en el fruto de la vid. Tampoco existe mucha información que relacione cuantitativamente estos dos parámetros con el estado hídrico del racimo o de la hoja.

En relación a lo anterior se realizó el presente trabajo en el que se plantearon los siguientes objetivos: Conocer las relaciones hídricas del fruto y de la hoja de vid sometidos a diferentes niveles de agua y su relación con el crecimiento y acumulación de azúcares en el fruto y comparar las relaciones hídricas interna entre las hojas y frutos. Se utilizó un viñedo de 18 años de edad del cv Grenache, el cual fue sometido durante la fase III del crecimiento del fruto a tres niveles de evapotranspiración (ET): 0, 30 y 70%. Tres veces por semana se midió el volumen y la concentración de azúcar del fruto, así como el potencial hídrico de la hoja (Ψ_h) y del racimo. (Ψ_r). Se encontró que el volumen y los gramos de azúcar del fruto en el tratamiento del 70% de ET, fueron significativamente más altos que en los otros dos tratamientos. El Ψ_r , presentó una mayor sensibilidad y respuesta a los tratamientos, que la mostrada por el Ψ_h . Cuando el Ψ_r alcanza valores de -1.1 Mpa, el crecimiento del fruto y la acumulación de azúcares cesan.

VII. LITERATURA CITADA

- Buttrose, M.S., 1974. Fruitfulness in grapevines: Effects of water stress. *Vitis*. 12: 299 - 305.
- Considine, J.A. and Knox, R.B., 1979. Development and histochemistry of the cells, cell walls and cuticle of the dermal system of fruit of the grape *Vitis vinifera* L. *Protoplasma*. 99: 347-365.
- Coombe, B.G., 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 207-228.
- Coombe, B.G. 1992., Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.* 43 (1): 101-110.
- Creasy, G.L., Price, S.F. and Lombard, P.B., 1993. Evidence for xylem discontinuity in Pinot noir and Merlot grapes: dye uptake and mineral composition during berry maturation. *Am. J. Enol. Vitic.* 43 (1): 49-52.
- Creasy, G.L. and Lombard, P.B., 1993. Vine water stress and peduncle girdling effects on pre and post veraison grape berry growth and deformability. *Am. J. Enol. Vitic.* 44 (2): 193-197.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. 1975. Guidelines for predicting crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper 24*. FAO, Rome.
- During, H., Lang, A. and Oggionni, F., 1987. Patterns of water flow in Riesling berries in relation to developmental changes in their xylem morphology. *Vitis*. 26: 123-131.
- Freeman, B.M. and Smart, R.E. 1976. A root observation laboratory for studies with grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 27: 26-39.
- Findlay, N., Oliver, K.J., Nii, N. and Coombe, B.G., 1987. Solute accumulation by grape pericarp cells. IV. Perfusion of pericarp apoplast via the

pedicel and evidence for xylem malfunction in ripening berries. J. Exp. Bot., Vol. 38: 668-679.

- Godoy A, C. 1985. Respuesta de la vid (*Vitis vinifera* L.) a diferentes tensiones de humedad en el suelo en dos etapas de desarrollo. Agric. Téc. Méx. 11(1): 39-40.
- Godoy, A.C. 1986. Método práctico para determinar el número y aplicación oportuna de los riegos en los viñedos. SARH-INIFAP-CIAN-CAELALA. Matamoros, Coah., Mexico p 3-16.
- Godoy A, C., 1987. Aplicación del riego por goteo en vid y nogal. Folleto Técnico No. 3. SARH. INIFAP. CIAN. Campo Agrícola Exp. La Laguna., 17 p.
- Godoy, A.C. y López M.I. 1990a. Riegos en la Vid. 23 Dia del Viticultor SARH-INIFAP-CIFAP. Región Lagunera, Matamoros, Coahuila, México. Publicación especial # 38 Julio 1991 p 3-16.
- _____. 1990b. Relación entre la producción y consumo de agua en la combinación de 24 portainjertos y dos cultivares de vid (*Vitis vinifera* L.). ITEA. 86(1): 20-31.
- _____. 1990c. Uso del agua de la vid (*Vitis vinifera* L.) durante la brotación y crecimiento del brote. ITEA. 86V (2): 75-86.
- Godoy A, C. y López M, I., 1993. Los portainjertos de vid para eficientar el uso del agua en condiciones de filoxera, nemátodos y pudrición texana en la Comarca Lagunera. II Ciclo Internacional de Conferencias sobre Viticultura. Hermosillo, Son., México. p. 26-30.
- Godoy A,C. Y Huitrón R, M.V. 1995. Uso de agua en cultivares de vid durante la brotación y crecimiento inicial del brote. TERRA. 13 (3): 255-263.
- Godoy A, C. y Garza S, H., 1996. Relaciones hídricas de hojas y racimos de vid (*Vitis vinifera* L.) y su impacto en el crecimiento y calidad del racimo. Memorias XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Son. Méx., p. 100.
- Grimes, D.W. and Williams, L.E., 1990. Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thompson Seedless grapevines. Crop Sci. 30: 255-260.

- Hardie, W.J. and Considine, J.A., 1976. Response of grapes to water- deficit stress in particular stages of development. *Am. J. Enol. Vitic.* 27: 55-61.
- Harris, J.M., Kriedemann, P.E. and Possingham, J.V., 1968. Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis*. 7: 106-109.
- Hsiao, T.C., 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 519-570.
- Huitrón R, M.V. y Godoy A, C. 1996. Relaciones hídricas de hojas y bellotas de dos cultivares de algodónero (Gossypium hirsutum) bajo dos tratamientos de riego. Memorias del VI Congreso Nacional de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA). Cd. Roque, Guanajuato, Méx.
- Kamande, N.C., Okamoto, G. and Hiramio, K., 1996. Use of water stress in forcing Kyoho grapevines to produce two crops per year. *Am. J. Enol. Vitic.* 47 (2): 157-162.
- Liu, W.T., Wenkert, W., Allen Jr, L.H. and Lemon, E.R., 1978. Soil- plant water relations in a New York vineyard: Resistances to water movement. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103 (2): 226-230.
- Matthews, M.A., Anderson, M.M. and Schultz, H.R., 1987. Phenologic and growth responses to early and late season water deficit in Cabernet franc. *Vitis*. 25: 147-160.
- Smart, R.E. and Coombe, B.G., 1983. Water relations of grapevines. In T.T. Kozlowski (ed.) *Water deficits and plant growth*. Vol. 7. Academic Press, Inc., New York. pp. 137-196.
- Van Zyl, J.L.. 1985. Effects of irrigation on growth and quality of vines and berries of Colombar. *Buletin of O.I.V.* 173-178.
- Van Lersel M.W., 1993. Water relations of a developing cotton boll. *Arkansas Farm Research* vol 42 #2, p 14-15.
- Winkler, A.J. 1962. *General viticulture*. University of California Press. Second edition. Berkeley and Los Angeles USA.. pp 10-170.
- Zimmermann, U. and Steudle, E., 1978. Physical aspects of water relations of plants cells. *Adv. Bot. Res.* 6: 45-117.