

EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL VIÑEDO Y EN LA CALIDAD DEL VINO (EN CLIMAS DEL ESTE)

Alan N. Lakso and Robert M. Pool

Fundamentos del balance hídrico en los viñedos del este

En los climas húmedos del este de los E.E.U.U. las precipitaciones son irregulares. La aparición, la duración y la intensidad de las sequías no son fáciles de predecir. ¿Tenemos problemas importantes debido a la sequía (suficientemente importantes como para cambiar prácticas culturales o invertir en irrigación)? Sabemos que la respuesta depende de factores tales como el nivel de sequía de las temporadas, la capacidad de retención hídrica del suelo del viñedo, la cantidad de agua que necesitan las viñas y las pérdidas por competición con otras plantas. Puesto que no es posible predecir el tiempo, es necesario realizar un análisis de riesgo y a continuación evaluar los métodos para reducir los riesgos encontrados. Para realizar esto es necesario conocer los factores que disminuyen o aumentan los riesgos de pérdidas significativas debido a la sequía.

Como en el caso de nuestra economía personal, los riesgos de estrés hídrico están relacionados con el equilibrio entre suministro y demanda y no con uno solo de estos factores. El menor riesgo de pérdidas debido a la sequía ocurre cuando el suministro de agua es elevado y la demanda es baja. Inversamente, cuando el suministro es bajo y la demanda alta, el riesgo es elevado y los beneficios potenciales de la irrigación son mayores. Además de las precipitaciones estacionales varios factores están implicados en el riesgo total, y tienen que ser evaluados por separado puesto que algunos de ellos no pueden ser cambiados fácilmente mientras otros sí.

Suministro hídrico

Suelos más pesados como los suelos limosos y arcillosos retienen más agua por metro cúbico que las arenas o gravas ligeras. Comparado con un suelo arcilloso, el mismo volumen de sustrato arenoso retendrá sólo el 50% del agua. Esta diferencia puede ser superada, sin embargo, si el suelo más ligero permite una mayor profundidad de enraizamiento, como en el caso por ejemplo de las gravas profundas de la zona de producción de la uva Chatauqua, a lo largo del Lago Erie, donde se han observado enraizamientos de 6 pies o más. Muchos suelos más pesados retienen más agua por pulgada, pero pueden tener estratos restrictivos que pueden reducir el volumen radicular total.

Sea cual sea la profundidad del suelo, el agua “disponible” es el que se encuentra en la zona radicular de la planta. La vid adulta típicamente puede desarrollar raíces en bastante profundidad en suelos sin restricciones, pero la profundidad de las raíces está a menudo limitada por unos estratos restrictivos impermeables de suelo compacto o pedregoso. Sin embargo las vides muy jóvenes tienen sistemas radiculares con extensiones y densidades limitadas durante varios años, de forma que el volumen de raíces está limitado incluso si el suelo permite un potencial enraizamiento en profundidad. Tanto la profundidad de las raíces como la capacidad de retención de agua son importantes para la reserva final de agua disponible en el suelo. Así, el agua potencialmente disponible es igual al volumen radicular multiplicado por la capacidad de retención hídrica del suelo.

Las viñas no son las únicas plantas del viñedo que utilizan el agua. Las malas hierbas y la cubierta vegetal sembrada también compiten por el agua y representan una parte importante del balance hídrico del viñedo. No creemos que las vides compitan eficazmente con las malas hierbas y con las cubiertas vegetales puesto que el sistema radicular de la vid presenta una densidad bastante baja (es decir, pocas raíces por metro cúbico de suelo) comparado con el de otras plantas. Estudios recientes, en colaboración con Rick Dunst en nuestra Estación de Fredonia, relativos a los efectos de la cubierta vegetal en las calles sobre uvas maduras Concorde en la zona occidental de NY llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1) La competición entre las cubiertas vegetales en las calles y las vides son sobre todo por el agua.
- 2) Cuando la cubierta crece activamente y es verde, todas las especies que la componen presentan más o menos el mismo nivel de competición.
- 3) El segado de la cubierta vegetal, en general, tiene un efecto relativamente pequeño y temporal por lo que se refiere al consumo hídrico de la cubierta; el segado no debería tener como objetivo el ahorro de agua.
- 4) La competición disminuye de forma importante si y cuando la cubierta vegetal se inactiva y se vuelve o amarilla o marrón; los tratamientos con herbicidas son los más eficaces.
- 5) El periodo alrededor de la floración y las siguientes 4-6 semanas representan el momento crítico en el que la competición por el agua reduce el crecimiento de la vid; ésta es la razón por la cual los tratamientos herbicidas (sin laboreo) son eficaces.

Nuestras mejores previsiones del uso de agua en pleno verano por las cubiertas vegetales en las calles sugieren que pueden ser utilizados cerca de 2 a 2 1/2 acre-pulgadas por mes en un viñedo medio de NY. En los casos en los que otros factores conducen a un riesgo moderado de estrés hídrico, los cambios en el mantenimiento del suelo de la calle, tales como alternancias entre herbicidas durante la floración y praderas permanentes, pueden afectar de forma considerable el riesgo de estrés hídrico. El cambio hacia un sistema de mantenimiento de la calle que permita conservar el agua puede eliminar en algunos casos la necesidad de la irrigación.

Estos resultados, sin embargo, no tienen en cuenta la competición de la cubierta o de las malas hierbas en la línea de cepas. En otros estudios, encontramos que una cubierta total sin franjas desnudas en la línea de cepas era muy perjudicial para el crecimiento y para la productividad de las vides Concord. Ésto no podía ser resuelto con la irrigación. Parece por lo tanto que las vides necesitan una superficie de suelo desnudo sin competición.

Demanda de agua

El mayor regulador de la demanda es lógicamente el clima. Un clima cálido y seco puede hacer evaporar 8-10 pulgadas de agua al mes en un recipiente abierto mientras que los meses fríos de verano que tenemos en Nueva York pueden hacer evaporar menos de 5 pulgadas. Ésto significa que habrá algún año en el que ningún viñedo necesitará ser irrigado, pero otros años muchos viñedos podrían beneficiarse de la irrigación. Algunos de los mayores beneficios de la irrigación consisten en una productividad constante año tras año, mantenida gracias a un suministro hídrico

garantizado que ayuda a evitar los altos y bajos de la producción tras años variables. También la sequía significa carencia de lluvias; ésto no siempre quiere decir que las vides estarán estresadas. Una sequía en clima frío puede no tener un gran efecto debido a la baja demanda de agua. Del mismo modo, periodos cálidos y secos en medio de lluvias pueden causar estrés debido a la excepcional demanda incluso con precipitaciones normales. De nuevo se trata del equilibrio entre suministro y demanda.

El consumo de agua en las vides está impulsado por la capacidad de secado del aire (temperatura y humedad) y por la cantidad de energía de la luz solar absorbida por las vides. La captura de la luz solar en los diversos sistemas de conducción es la base de la mayor productividad en sistemas como la cortina doble (GDC) puesto que la captura de la luz solar también impulsa la fotosíntesis. Pero cuando los estomas de las hojas se abren para permitir al dióxido de carbono entrar, al mismo tiempo escapa el vapor de agua de las hojas. Así pues, los sistemas productivos generalmente consumen más agua que los sistemas menos productivos. Las canopias divididas como el GDC y la Lira Abierta que capturan más luz solar (60-70% de la luz solar disponible para toda la canopia) que en el caso de la cortina simple (40-50%), consumirán y necesitarán más agua. En un estudio que se desarrolló a lo largo de 12 años en Ontario, Bob Cline y colaboradores encontraron que las vides con sistema GDC se beneficiaron claramente de una irrigación adicional mientras que vides con la tradicional cortina simple no sacaron beneficios. Del mismo modo, hemos demostrado que los efectos de la sequía (o los beneficios de la irrigación) son superiores en vides con poda mínima respecto a vides con la tradicional cortina simple.

¿Cuánto agua consumen las vides en el este? Nuestros últimos estudios indican que, con canopia completa, en los sistemas con cortina simple en viñas Concord de la zona occidental de NY durante los meses de julio y agosto, cada viña consume un promedio de cerca 30-40 galones de agua por semana (Tabla 1). Ésto representa cerca 3 ½ pulgadas de agua por mes en un acre de viñedo. Curiosamente, ésto está muy próximo a la pluviosidad media por mes en los últimos 50 años para la temporada en Fredonia. Las Vitis Vinifera que tradicionalmente se podan de manera más fuerte y se hacen crecer con canopias relativamente abiertas capturarán menos luz solar y consumirán menos agua. No tenemos de todas formas unas buenas medidas directas de consumos de agua en Vitis Vinifera en las condiciones climáticas de nuestra zona, pero los rendimientos de las vides en los últimos ensayos de irrigación sugieren que las Vitis Vinifera consumen cerca el 75 % del agua que consumen las vides Concord. Por supuesto, para obtener un óptimo vino de calidad a partir de vinifera, la mejor solución parece ser suministrar menos agua del que demandan (véase la sección sobre calidad del vino). Vides jóvenes con menos area foliar y menos capacidad para capturar la luz solar consumirán proporcionalmente menos agua.

Hay que señalar que se trata de necesidades de las vides y no del viñedo entero. En el caso de las precipitaciones naturales no todo el agua llega a la zona radicular de la planta ya que hay pérdidas por evaporación y a través del suelo y de la vegetación, y por competencia por parte de las malas hierbas y de la cubierta vegetal. En general, en NY las precipitaciones naturales por sí solas no son suficientes, pero las reservas de agua del suelo completan la diferencia. En promedio parece que las necesidades de la tradicional cortina simple con niveles de poda y de cultivo convencionales están bastante bien equilibradas por lo que se refiere a la disponibilidad global de agua en los viñedos occidentales de NY.

Viñedo	Consumo de agua en Gal. por Vid por:		Consumo de agua por Acre en:	
	Día	Semana	Gal/Día	Gal/Sem.(Pulg./Sem.)
Cortina simple				
Vinífera	4-5	30	2,500	18,000(0.7")
Concord/Niagara	5-6	40	3,500	24,000(0.9")
Poda mínima Concord/Niagara	5-6	40	3,500	24,000(0.9")
Cortina doble				
Concord GDC	7-8	50	4,300	30,000(1.1")

Notar que las vides con podas mínimas tenderán a velocidades de consumo de agua a mitad de verano parecidas a las de vides con podas normales, pero tendrán mayores consumos de agua al inicio de la temporada, lo que puede representar un consumo total de agua en la temporada un 10 % superior. Los valores en el caso de Missouri y Arkansas son probablemente alrededor de un 20-25% más altos.

Tabla 1: Estimaciones de los consumos Máximos a mitad de verano en vides de Nueva York (Acre-pulgada = cerca 27,000 galones)

En los climas más cálidos del Este y de la zona norte central de los Estados Unidos, el ritmo de consumo de agua debería ser más alto. En el Central Valley de California las vides consumen alrededor de dos veces el agua por mes consumido en el mes de julio (cerca de 7 pulgadas/mes) en NY. Basándonos en el confronto climático con NY, tendríamos que esperar que el ritmo de consumo de agua en pleno verano fuese parecido en Michigan, cerca de 4 a 4 ½ acre-pulgadas por mes en la zona meridional de Pennsylvania/Virginia, quizás 5 acre-pulgadas por mes en Missouri y Arkansas y cerca de 7 acre-pulgadas por mes en Fresno, California.

Respuestas de la vid al estrés hídrico

Además del nivel de estrés propiamente dicho, es importante entender cómo y cuándo las vides responden a este estrés. El ejemplo más claro es cuando tenemos periodos muy largos con pocas precipitaciones, aunque si ésto ocurre en invierno, cuando la vid se encuentra inactiva, no representa un problema.

Uno de los procesos más sensibles de la vid por lo que se refiere al estrés hídrico es el crecimiento de los brotes. Éste se reduce casi inmediatamente con cualquier nivel de estrés. Ésto puede ser negativo para las vides que necesitan crecimiento, tales como vides jóvenes o uvas para zumo que necesitan mantener el tamaño de las plantas. Pero puede ser beneficioso en el caso de las uvas para vinificación cuando las vides tienen una densidad de canopia excesiva. En climas áridos, una práctica útil es la suspensión de la irrigación a mitad de temporada para regular el crecimiento de los brotes.

El crecimiento inicial de las bayas durante las 3-4 semanas después de la floración es causado por la división de la célula para producir nuevas células y es muy sensible al estrés hídrico. Los efectos del estrés en esta fase pueden persistir durante el resto de la temporada (Fig. 1). De nuevo, con las uvas para zumo ésto reducirá el rendimiento, pero puede ser positivo en el caso de las uvas para vinificación al aumentar el extracto y la intensidad del aroma con la disminución del tamaño de las bayas (relación hollejo/volumen mayor).

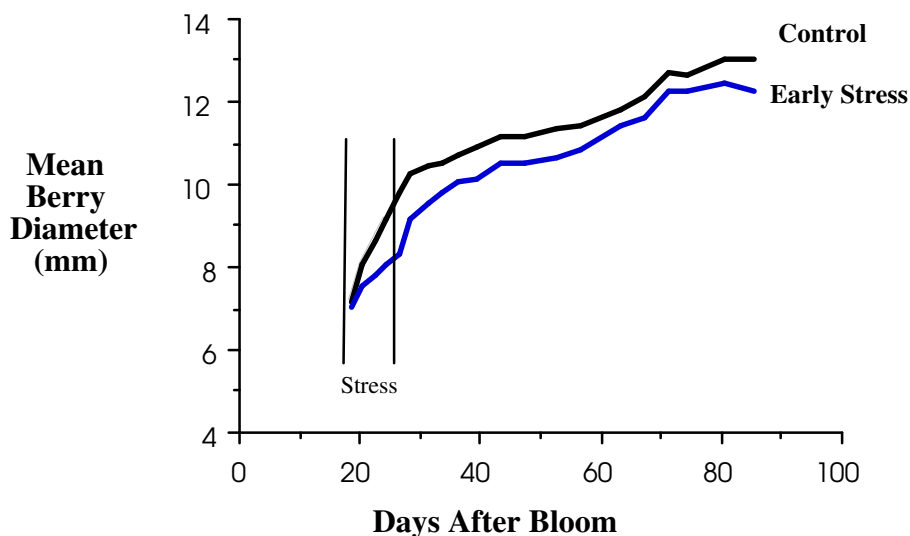


Figura 1: Curvas de crecimiento de uvas Pinot Noir que fueron bien regadas (control) o sometidas a estrés hídrico durante 10 días en el periodo de crecimiento y división celular después de la floración. Modificado por Poni y otros 1993.

Un estrés por sequía a mitad o al final de temporada, una vez que las bayas se encuentran cerca del envero o lo han superado, tiene un efecto diverso, son sorprendentemente resistentes al estrés hídrico. Durante las primeras semanas después del envero, el crecimiento de las bayas y la acumulación de azúcar apenas se encuentran afectados por la sequía, incluso si se trata de una sequía bastante fuerte. Sin embargo, una sequía continua durante las últimas semanas antes de la vendimia, inhibirá el tamaño final y la acumulación de azúcar

Sostener la cosecha representa un estrés para las vides, por lo que las vides con una cosecha elevada tienden a reaccionar de forma más sensible ante un estrés añadido como puede ser un estrés hídrico. Hemos encontrado que en vides Concord con cargas de 8 toneladas/acre la sequía provoca una reducción del grado Brix dos veces mayor respecto a vides con una carga de 4 toneladas/acre. Así pues, sequías en años de fuerte producción pueden tener un doble efecto explosivo. Por lo tanto la irrigación tendrá probablemente mayores ventajas cuando aumentamos la producción. Ésto puede no tener importancia en el caso de las uvas para vino donde las producciones se mantienen a niveles más bajos.

Creemos que al ser considerados el rendimiento y la calidad de los vinos objetivos principales, y visto que la producción en el caso de climas irregulares necesita ser lo más estable posible, está claro que la gestión del agua será un componente crítico. Ésto puede ser realizado con una buena evaluación del emplazamiento, cambios en el mantenimiento del suelo o quizás irrigación por goteo. El modo de encajar todos estos factores entre ellos puede ser totalmente diverso si se trata de uvas para zumo de bajo valor o si se trata de viñedos de vinífera de alto valor. Los principios son válidos, pero las acciones finales pueden ser muy diferentes en emplazamientos diversos y para mercados diversos.

Sumario de los factores que afectan el balance hídrico del viñedo

Condiciones climáticas – clima seco, soleado y cálido provoca el máximo consumo hídrico

Formación de la canopia – Estación anticipada o vides jóvenes con menos vegetación consumen menos

Captura de la luz solar estacional - GDC o Poda Mínima capturan más luz solar por lo que necesitan más agua

Tipo de vid y consumo

Uvas para zumo nativas de América producen generalmente mejor con un estrés hídrico mínimo

Uvas vinífera para vinificación consumen algo menos que las uvas para zumo y funcionan mejor con un cierto estrés, especialmente después de la formación de la canopia.

Malas hierbas y cubierta vegetal – pueden consumir un tercio o la mitad del agua usado en el viñedo, por lo que su manejo es muy importante para el balance hídrico del mismo.

Análisis de riesgo de sequía

- Cualquier práctica que se base en el control de recursos climáticos como el agua es compleja y variable con el clima. Debería ser realizado un análisis de riesgo para cada viñedo puesto que cada viñedo representa una combinación única de factores de riesgo.

Implicaciones del balance hídrico en la calidad del vino

Durante muchos años se ha discutido sobre el papel del estrés hídrico en la producción del vino. Ha quedado claro que ninguna zona del gradiente de estrés hídrico es idónea para los equilibrios deseados entre rendimiento y calidad del vino (Seguin, 1983).

Exceso de agua.

La zona “húmeda” del gradiente de balances hídricos tiende a inducir un excesivo crecimiento vegetativo que a menudo conduce a densas canopias, a grandes bayas diluidas y racimos compactos, a una escasa exposición de los frutos y a problemas debidos a enfermedades. Todo esto conduce a una escasa calidad del fruto y del vino. Puesto que en climas irregulares como el nuestro podemos tener años con estrés

mínimo debido a las lluvias y a las temperaturas frías, se han desarrollado métodos para intentar superar estas limitaciones. En muchos casos el manejo de la canopia para controlar la forma y para mantener la canopia abierta a través de la limitación del número de brotes, la posición de los brotes, la chapoda, y el deshoje ha sido de gran eficacia. La división de la canopia fue propuesta por Nelson Shaulis primero para las densas vegetaciones de las vides con cortina doble que producen uvas para zumo. El concepto fue más tarde adaptado por Alain Carbonneau a las viníferas en lira abierta o a los sistemas de canopia dividida ascendente tales como el Scott Henry. La división de la canopia expande hacia fuera la vegetación con el objetivo de reducir la densidad, mejorar la exposición del fruto y utilizar el vigor más que contrarrestarlo. Pero muchas veces ésto aumenta también la luz capturada por la vid, provocando un mayor consumo de agua y por lo tanto un mayor estrés hídrico potencial.

Los métodos adicionales para estimular la competencia de las cubiertas vegetales por el consumo del exceso de agua en algunos casos han sido acertados, pero el éxito depende del nivel de humedad y de la profundidad del suelo. Si el suelo es profundo, la vid simplemente desarrolla las raíces en profundidad y no compite con la cubierta vegetal. Vides con un excesivo vigor en emplazamientos húmedos pueden por otra parte crecer demasiado tarde en otoño y no madurar los sarmientos adecuadamente. Ésto puede conducir a pérdidas significativas con el frío invernal.

La experiencia madurada en muchas regiones vitícolas sugiere que los viñedos situados en suelos bien drenados tendrán menos problemas en años con mayor pluviosidad, aunque el manejo de la canopia es especialmente crítico a la hora de evitar los problemas de las estaciones frías y lluviosas.

Excesivo estrés por sequía

En la zona seca del gradiente, el crecimiento de la vid se encuentra inhibido y la maduración del fruto puede sufrir un retraso o ser interrumpida. Una calidad de vino idónea requiere un cierto estrés pero ésto no parece que pueda ser obtenido a partir de vides que hayan frenado su crecimiento y que presenten hojas sin actividad. Un estrés demasiado precoz no permitirá el desarrollo del cociente hoja/fruto deseado de aproximadamente 12-15 hojas expuestas por racimo (éste puede variar con los cultivares, pero es un promedio razonable). Ésto significa que la vid no será capaz de madurar correctamente los frutos. Un estrés a mitad o a final de temporada, sin embargo, detendrá la función fotosintética de las hojas y frenará también la maduración, (¿Por qué produce vegetación si ésta no puede funcionar?). Podría parecer que la cosecha está madura debido al aumento del grado Brix, pero ésto a menudo es el resultado del uso de los carbohidratos de reserva de la vid o de la simple deshidratación y no del contenido real de azúcar. Muchos aromas del fruto tienden a desarrollarse durante las últimas semanas, por lo que un estrés tardío podría limitar el desarrollo de aromas.

Aunque es difícil controlar el estrés y cuantificar todos los efectos de un estrés excesivo, podemos decir que a pesar de que las bayas pequeñas podrían sugerir un mayor extracto y concentración, vides excesivamente estresadas tienden a producir vinos neutros, poco afrutados, poco complejos y de vida relativamente corta. El envejecimiento "atípico" (UTA), problema que surgió en Alemania y Nueva York, parece ser que es debido a un síndrome de estrés en el cual el estrés hídrico es un factor clave (el estrés por bajo nivel de nitrógeno también parece ser importante). En la zona de

Finger Lakes hemos visto un mayor número de síntomas del UTA después de años secos.

Estrés idóneo para la calidad de los vinos

Los diversos procesos de la vid responden de forma diferente al estrés hídrico. Procesos de crecimiento como el crecimiento de los brotes y el crecimiento inicial de las bayas son muy sensibles al estrés hídrico, la función fotosintética de las hojas es menos sensible, y el crecimiento de las bayas después del envero es bastante resistente al estrés hídrico. Por lo tanto existe un nivel de estrés hídrico que permite un buen funcionamiento de la hoja pero reduce el crecimiento de los brotes. Se puede decir que en general una maduración óptima del fruto que dé lugar a buenos aromas y complejidad requiere un nivel de estrés intermedio que conduzca a una canopia con cobertura total pero abierta, con una buena exposición del fruto, pero con hojas sanas y funcionales. La experiencia y las visitas a productores de vinos de excelente calidad de numerosas zonas sugieren las siguientes condiciones idóneas de estrés a lo largo de la temporada:

- Una disponibilidad de agua adecuada al inicio de la temporada para obtener un buen desarrollo, no un vigor excesivo, de la canopia y del racimo durante la floración. En la zona este, ésto ocurre típicamente mientras el suelo está húmedo, el periodo de crecimiento inicial es normalmente frío y hay un area foliar y una demanda hídrica limitada.
- Después de la floración tiene que gradualmente ocurrir un estrés suave de modo que tenga lugar una buena fructificación, pero que el crecimiento de las bayas y los brotes sea lento.
- Después de la fructificación, y del crecimiento inicial de las bayas, la vegetación tiene que rellenar la espaldera. Al mismo tiempo, debe aumentar el estrés de modo que los brotes retarden de forma importante su crecimiento, las bayas acaban su primera fase de crecimiento con un tamaño algo reducido y con una actividad intensa de las hojas.
- Desde mitad de la temporada hasta la vendimia las vides deben ser mantenidas con un estrés suficiente para reducir el crecimiento vegetativo, pero conservando las hojas sanas. Si la canopia se mantiene abierta tiene que haber algunas, pero no muchas, hojas basales que amarillean antes de la vendimia. La experiencia sugiere que las uvas tintas parecen mejorar con algo más de estrés respecto al estrés idóneo para las uvas blancas, aunque ésto no ha sido confirmado.

En Nueva York , durante este periodo normalmente tienen lugar estreses hídricos muy severos. En años de sequía, mantener las vides sanas durante esta etapa es la meta más importante de la la irrigación.

Estas características generales fueron observadas en la práctica en “Chateau Cheval Blanc” en Burdeos donde el director de viñedo explicó que tienen unos suelos pedregosos con mucha gravilla y extremadamente bien drenados. El agua se encuentra disponible en profundidad debajo de la grava. Algunas de las raíces probablemente extraen continuamente agua del suministro hídrico, pero no suficiente para sobre-estimular la vid. En años húmedos la grava no retiene excesiva cantidad de agua. En años secos las vides están moderadamente estresadas, pero desarrollan una

vegetación adecuada, y tienen suficiente agua para mantener las hojas sanas. En la época de nuestra visita, cerca de la vendimia, la capa superior del suelo se encontraba extremadamente seca, a pesar de todo las hojas no estaban demasiado estresadas. Algunos de los grandes vinos del mundo están elaborados a partir de la combinación de un meticuloso manejo de la canopia y de un cuidadoso aclareo para equilibrar la cosecha.

Otro ejemplo, en condiciones más controladas, es el de un ensayo de investigación en el estado de Washington en Columbia Crest con Sauvignon Blanc (Wample, 1996) en el cual se uso durante toda la temporada o una irrigación elevada o una baja irrigación (HH, LL) o alternadas durante el periodo de antes o de después de la formación de la canopia (HL, LH). La irrigación elevada durante toda la temporada, HH, o elevada sólo durante la primera mitad, HL, dio producciones algo más altas y grados brix similares, pero los vinos fueron “excesivamente herbáceos y más austeros, con mayor acidez y más ásperos” (Irvin y Clore, 1999). Los vinos obtenidos con el régimen de irrigación L al principio o durante la temporada completa fueron los dos más afrutados, pero en particular el vino LH desarrollo un aroma más afrutado, destacando el melón entre estos aromas afrutados con apenas un poco del carácter herboso de esta uva. En boca el vino presentaba una mayor sensación de redondez y de fruta El vino LL era más áspero, con un final más austero.” (Irvin y Clore, 1999). Estos resultados corroboran la necesidad de tener un cierto estrés inducido reduciendo el crecimiento inicial y de mantener la canopia sana durante la última mitad de la temporada. Sugieren también que si el nivel de estrés es correcto al inicio de la temporada, la cantidad de agua recibida o suministrada más tarde es menos crítica.

Conclusiones

Optimizar el rendimiento de la vid y la calidad del vino es una tarea compleja, pero la gestión del agua es un componente importante. Una elevada calidad del vino parece requerir un suministro de agua adecuado al inicio de la temporada, pero no excesivo, para establecer una buena canopia que sostenga la cosecha, seguido de un estrés suficiente que limite el crecimiento adicional pero que permita mantener las hojas sanas para conseguir la completa maduración del fruto. El manejo de la canopia interacciona fuertemente, por tanto la gestión del agua y el manejo de la canopia tienen que estar bien integrados. Aunque el estado hídrico no puede ser controlado en las condiciones irregulares del este de los Estados Unidos, el conocimiento de los principios básicos permitirá una evaluación de cada viñedo para determinar si existe la posibilidad de alcanzar más a menudo la calidad de vino deseada.

El presente trabajo de investigación fue subvencionado por el fondo “New York Grape Production Research”, la “New York Wine and Grape Foundation”, el “Cornell IPM Program, y el “Eastern Viticulture Consortium”.

Bibliografía

Cline, R.A., K.H. Fisher y O.A. Bradt. 1985. The effects of trickle irrigation and training systems on the performance of Concord grapes. p. 220-230. In: Drip/Trickle irrigation in action. Proc. 3rd Intl. Drip/Trickle Irrig. Cong. I, ASAE Publ. 10-85. Amer. Soc. Agric. Engin., St. Joseph, MI.

Irvine, R. y W.J. Clore. 1999. The irrigation experiment proof is in the wineglass. Wash. Wine Monthly, December.

Poni, S., A.N. Lakso, J.R. Turner y R.E. Melious. 1993. The effects of pre- and post-veraison water stress on growth and physiology of potted Pinot Noir grapevines at varying crop levels. *Vitis* 32:207-214.

Seguin, G. 1983. The influence of vineyard soils on the composition and quality of harvested grapes. *Bulletin de l'OIV*. 56:3-18.

Wample, R.L. 1996. Issues in vineyard irrigation. *Wine East* 24:8-21, 44.