

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

LA VID (*Vitis vinifera* L. CV. TANNAT) COMO INDICADORA DEL CAMBIO CLIMÁTICO:
EL CASO DE URUGUAY**Fourment M.**^{*1,2}, **Ferrer M.**¹ **Quénol H.**³¹ Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Av. E. Garzón 780. Montevideo, Uruguay. CP 12900. Teléfono de contacto: (+598) 23563294. mfourment@fagro.edu.uy² Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática de la Universidad de la República. José E. Rodó, 1843. Montevideo, Uruguay. CP 11200.³ Laboratoire COSTEL UMR6554 LETG-CNRS. Université de Rennes 2. Place du recteur Henri Le Moal 35043. Rennes, Francia.

Es conocido el hecho que las plantas responden a las condiciones climáticas del año. La vid es particularmente sensible a las temperaturas diurnas y nocturnas así como al régimen hídrico que se expresa en la respuesta de la planta: variación en la duración de los estados fenológicos como la maduración, composición de la uva o en su sanidad. El objetivo de este estudio es mostrar a través de la evolución de índices bioclimáticos adaptados a la vid la variabilidad climática y para los últimos quince años, analizar la respuesta del cultivo al clima, de manera de poder considerar a la vid como posible indicadora del cambio y la variabilidad climática. Para confirmar esta hipótesis se presentan resultados provenientes de una serie de quince años de parcelas de experimentación de la variedad Tannat de viñedos implantados en el sur del Uruguay en el que se relacionan los factores del clima con la respuesta de la planta.

Palabras clave: Vid, Variabilidad Climática

Introducción

En Uruguay, en el marco del cambio climático, el sector agrícola se encuentra afectado por el aumento general de la ocurrencia de eventos climáticos extremos (sequías, lluvias torrenciales, vientos fuertes, heladas fuera del período), y la acentuación de la variabilidad hídrica y térmica. En nuestro país la componente hídrica del clima se manifiesta en la modificación de la distribución interanual e intranual de las lluvias, causando periodos de déficit o excesos hídricos más frecuentes y más pronunciados, y un aumento de las precipitaciones promedio, particularmente en primavera y verano. A su vez, sobre la componente térmica, se ha constatado una variación en las temperaturas extremas: la temperatura máxima media ha disminuido (particularmente durante los meses de Enero y Febrero) y la temperatura mínima media ha aumentado de 1° a 2°C en el año, junto con una disminución de la duración del periodo de heladas (Giménez y Lanfranco, 2009; Oyhantçabal y Menthol, 2009; Renom, 2009).

El conocimiento de la respuesta de la vid a las condiciones del clima es conocido desde la antigüedad. Como antecedentes, varios autores utilizaron este conocimiento para proponer índices bioclimáticos que permiten delimitar y evaluar la vocación vitícola de regiones. El primer ejemplo, es el índice de Winkler *et al.* (1974) basado en la suma térmica diaria con base en el cero fisiológico del cultivo (10°C), en el cuál se delimitó las zonas vitícolas en California. El Índice Heliotérmico de Huglin (1978) que tiene en cuenta las temperaturas medias y máximas diarias favorables a la fotosíntesis, estima la posibilidad de maduración de diferentes variedades según región. El Índice de Frescor Nocturno de Tonietto (1999) que tiene en cuenta las temperaturas mínimas nocturnas del mes previo a la cosecha, determina la potencialidad de color o aroma que puede alcanzar una variedad en una región. Otro ejemplo es el Índice de Sequía de Riou *et al.* (1994), que hace referencia a la disponibilidad de agua para el cultivo y su influencia sobre el crecimiento vegetativo y la maduración de la uva. Recientemente Tonietto y Carbonneau (2004) han propuesto un método que tomando en cuenta en forma simultánea tres índices, se describe el clima vitícola mundial.

Este conjunto de indicadores bio-climáticos permite analizar las tendencias del cambio climático a diferentes escalas tomando como referencia el cultivo de la vid (Bonnefoy *et al.*, 2010a; Bonnefoy *et al.*, 2010b).

Las variedades están adaptadas a una determinada zona de producción, la cuál está fuertemente relacionada con las condiciones del clima (Schultz, 2000). En Europa, el comercio del vino de alta gama esta regulado por las Denominaciones de origen asociadas a las variedades. Un cambio en las condiciones agroecológicas del cultivo, implica en el mediano plazo, costos económicos y sociales de gran relevancia, ya que el aumento de la variabilidad climática nos desafía sobre la habilidad de adecuar al cultivo de la vid y la elaboración de vino, por ejemplo, cambiando variedades o zonas de producción (Schultz y Jones, 2010). Como ejemplo de desplazamiento del cultivo se pueden citar dos casos particulares: Inglaterra que en los últimos años ha aumentado su superficie vitícola como consecuencia de condiciones favorables para el cultivo (temperatura) y al otro extremo, existe el caso de Australia en donde se prevé que su variedad emblemática Syrah, será desplazada porque no se adaptará a la nueva situación climática (déficit hídricos). La estrategia desarrollada por muchos países productores de identificar sus vinos asociados a un territorio delimitado

según sus recursos naturales se vería debilitada al cambiar las condiciones climáticas, elemento fundamental de dicha delimitación (Echeverría *et al.*, 2007)

Las consecuencias del cambio climático en la vid comienzan a ser bien conocidas (Pérard *et al.*, 2007). Como punto de partida, la vid como cualquier otra especie vegetal, presenta un efecto de estimulación de fotosíntesis debido al aumento de la concentración de CO₂ atmosférico. Se prevé un aumento de la estimulación 20 a 30% (con la hipótesis de un aumento de CO₂ del doble al actual, es decir 700ppm en la atmósfera debido a actividades antropogénicas hacia finales de este siglo), conduciendo una disminución de la respiración, y en consecuencia, un aumento de biomasa, de los rendimientos potenciales y del contenido en alcohol de los vinos por mayores cantidades de azúcares en la uva (Seguin, 2010). Otro efecto del aumento de la concentración de CO₂ atmosférico, es sobre la eficiencia en la utilización del agua (aumentaría en el orden de un 10%), debido a la reducción de la conductividad estomática asociada a las condiciones de temperaturas elevadas y stress hídrico (Schultz, 2000; Seguin, 2007).

El impacto en la vid por las modificaciones térmicas, se manifiesta sobre la duración del ciclo fenológico (Duchêne y Schneider, 2005; Chabin *et al.*, 2007) y sobre la síntesis de los componentes principales de la baya: modificación de la acumulación de azúcares (Lebon, 2002; Bonnardot y Carey, 2007) y reducción de la acidez y el pH (Coombe, 1987; García de Cortázar *et al.*, 2004; Jones *et al.*, 2005). En tanto las variaciones en el régimen hídrico tienen su influencia sobre el desarrollo vegetativo y sobre la maduración y composición de la baya, la cuál es favorecida por las condiciones de stress hídrico moderado (Ojeda, 1999).

En el caso de las plantas perennes, las consecuencias climáticas de un año se pueden extender en más de un período productivo ya que dependiendo de las condiciones ambientales se producirá o no la acumulación suficiente de reservas para el próximo ciclo productivo y se determinará el volumen de cosecha (inducción-diferenciación de yemas) para la próxima temporada (Champagnol, 1984; Etchebarne, 2008). La eficiencia del sistema planta perenne se ve modificado por la acumulación de reservas según las condiciones de funcionalidad del aparato foliar y radicular, dependientes de las temperaturas y del aporte de agua como factores limitantes.

En base a estas respuestas es que algunos autores, definieron a la viña como un buen indicador del impacto del cambio climático en las plantas perennes (Seguin 2003 y Chuine *et al.* 2004).

A nivel del Uruguay existen estudios de impacto del cambio climático y vulnerabilidad de sistemas agropecuarios, sobre los rubros más relevantes en términos económicos (ganadería, lechería y arroz). Sin embargo, no existen antecedentes de un estudio sobre cultivos perennes. La importancia de un análisis de este tipo, radica en la sustentabilidad de los sistemas agrarios en el país y en el aspecto socio-cultural que acompaña la explotación de un rubro como es la vitivinicultura. La superficie del cultivo en nuestro país se concentra en un 63,8% en una zona climática, por lo que aumenta su vulnerabilidad.

Por otra parte este trabajo podría aportar una herramienta para analizar el cambio climático a través de la respuesta de un cultivo perenne que lo haría comparable entre regiones del mundo, en virtud de la extensión y de la información disponible de este cultivo.

El objetivo de este estudio es mostrar a través de la evolución de índices bioclimáticos adaptados al cultivo de la vid la variabilidad climática y para los últimos quince años analizar la respuesta del cultivo al clima, de manera de poder considerar a la vid como posible indicadora del cambio y la variabilidad climática, en el sur de Uruguay (34e HS).

Material y Métodos

A) Información del cultivo

El ensayo se instaló en el período 1994-2009 en tres parcelas de viñedos comerciales del departamento de Canelones, el cuál representa el 63,8% de la superficie total de viñedos (INAVI, 2010). El clima vitícola de esta región es clasificado como IS_{A1}IH_{A4}IF_{A2}: clima con sequía moderada, templado cálido, con noches templadas, según la « Clasificación Climática Multicriterios » (Tonietto y Carbonneau, 2004; Ferrer, 2007).

La variedad estudiada fue Tannat injertada sobre SO₄. El sistema de conducción fue espaldera y con tipo de poda Guyot. La densidad de plantación es de 3748 plantas/ha (2,3*1,25m). En cada parcela experimental, se marcaron al azar treinta plantas, en las cuales se llevaron a cabo las mediciones.

Para determinar el período de maduración se registraron la fecha de comienzo de la maduración - envero (día juliano en el cuál el 50% de los racimos se encontraban en envero) y la fecha cosecha tecnológica (día juliano de la primera cosecha realizada). La cosecha tecnológica fue definida por el conjunto de componentes primarios de la baya: pH, acidez total y azúcares reductores en muestreo de bayas realizados según metodología propuesta por Carbonneau *et al.* (1991).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

En cosecha sobre las 30 plantas marcadas se registró en forma individual la producción de uva, el número de racimos y el peso de las bayas sobre una muestra de 250 bayas (componentes de rendimiento).

En la poda de invierno, sobre las mismas 30 plantas se registró en forma individual, peso de madera (kg), y se calculó el Índice de Ravaz (IR) (relación entre la producción de uva y madera). Los valores de referencia de este índice para una planta equilibrada en la variedad Tannat son entre 5 y 8 (Ferrer, 2007).

El estado de hidratación de la planta, fue determinado por la medida del Potencial hídrico foliar de base (Bars) con una cámara de presión, según el método de Scholander *et al.* (1965). La medida fue realizada sobre 10 hojas adultas, sanas y enteras en cada parcela, tomadas antes del amanecer (entre 4h y 6h) el día que se inició la cosecha.

La composición de la baya en cosecha, se determinó sobre una muestra de 250 granos tomada según la metodología de Carbonneau *et al.* (1991), se midió azúcares totales por refractometría (gr/l), acidez total por titulación ($\text{mgH}_2\text{SO}_4/\text{l}$) y pH por tensiometría, según protocolos de l'O.I.V. (1990).

B) Información climática y cálculo de Bio-índices

Para analizar el componente clima, se tomó la base de datos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), situada en el sur de Uruguay conforme a las normas de la OMM (Tabla 1). Esta estación fue tomada de referencia debido a que se encuentra en la cercanía de las parcelas estudiadas.

Para el análisis se tomaron 36 años por ser la serie más larga disponible. Para evaluar la respuesta del cultivo de consideraron los 15 años correspondientes a la información disponible del cultivo.

Tabla 1: Características de la estación climática

Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m.	Distancia del mar (Km)
INIA Las Brujas. Canelones	34°40'	56°20'	32	14,69

Las variables diarias registradas fueron: temperaturas máximas y mínimas del aire ($^{\circ}\text{C}$), acumulación del volumen de precipitaciones del ciclo del cultivo en mm (del 1 $^{\circ}$ de setiembre al 15 de marzo), precipitaciones del período maduración en mm (del 15 febrero al 15 de marzo) y evapotranspiración potencial de Penman – Monteith (mm) en el mismo período.

Se calcularon los Índices bio-climáticos, con el fin de analizar su evolución temporal. Los índices Bio-climáticos adaptados a la vid, según el sistema de « Clasificación Climática Multicriterios » (Tonietto, 1999; Tonietto y Carbonneau, 2004; Ferrer, 2007) son los siguientes: el Heliotérmico de Huglin (1978), de Frescor de noches (Tonietto, 1999) y de Sequía (Riou y Lebon, 2000).

Los cálculos de los Índices se ajustaron a las modificaciones propuestas por Ferrer (2007) que tienen en cuenta las fechas del ciclo del cultivo para las condiciones de Uruguay y el valor real de la reserva útil de los suelos predominantes en la región sur del país.

El cálculo del Índice Heliotérmico (IH) se efectuó en el periodo comprendido entre el 1 de setiembre al 28 de febrero.

Para calcular el Índice de Frescor de Noches (IF) se consideró la temperatura mínima del aire del mes de febrero (hemisferio sur).

Para el cálculo del Índice de balance hídrico potencial de Riou (Riou *et al.*, 1994), Índice de Sequía (IS), se utilizó la reserva hídrica de un suelo típico de la zona, 136,7 mm para W_o = reserva útil del suelo, determinado por Molfino y Califfra, (2004). El calculo de IS se efectuó para el periodo comprendido entre el 1 $^{\circ}$ de setiembre al 28 de febrero. También se procedió al cálculo del número de días con temperaturas mayores a 30 $^{\circ}\text{C}$ durante el ciclo (1 setiembre al 28 febrero) para los últimos 15 años.

C) Análisis estadísticos

Los análisis de varianza son realizados para las variables climáticas y fisiológicas de la vid, seguidas de separaciones de medias por el test de Tukey con un riesgo de error de 5 por ciento. Los análisis estadísticos son realizados con el programa INFOSSTAT® versión profesional (Córdoba, Argentina, 2009) y Excel® 2007

Resultados y Discusión

1. Evolución de los Índices Bio-climáticos

La premisa actual más significativa del cambio climático en Uruguay es sobre el aumento de la variabilidad climática regional. La evolución de los índices bio-climáticos toma interés en la medida que pondera las necesidades y limitantes para un cultivo perenne y se considera una herramienta válida para analizar la variación de las condiciones del clima.

1.a. Índice Heliotérmico de Huglin (IH)

El IH clasifica a la región sur de Uruguay en clima templado. Según la figura 1, IH acusa un aumento de 3,7% entre 1973 y 2009 (media a partir de los desvíos estándar). En los últimos años, se pasa de un tipo climático templado al tipo templado-cálido, dónde 27 años de los estudiados rebasan al límite del tipo climático, superando los 2100°C históricos.

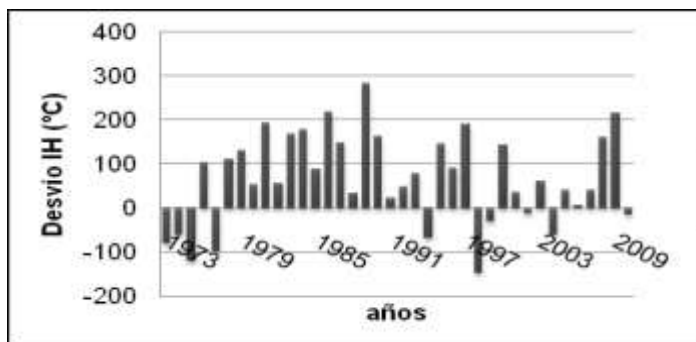


Figura 1. Variabilidad temporal del Índice Heliotérmico. Desvíos de la media (IH 2089,8 °C) Período 1972-2009. INIA. Las Brujas.

Al norte de Uruguay (IH medio 2651°C, región clasificada como de clima cálido), en condiciones más cálidas se determinó diferencias significativas en la composición de la baya en cosecha en relación a la zona sur (Ferrer *et al.*, 2011). Esta información permite suponer que en la medida que la evolución de este índice tienda a indicar un tipo climático cálido para el sur del país, el cultivo responda a condiciones similares a las registradas en el norte. El aumento de temperatura implica además un aumento en la demanda atmosférica y la disponibilidad hídrica puede constituirse en una limitante.

1.b. Índice de Frescor de noches (IF)

La media del IF para el período 1973-2009 es de 17,14°C. La variabilidad temporal del IF muestra un aumento de 0,34°C en relación a la estación de referencia (promedio a partir de los desvíos estándar). A partir del año 1997 se registra un aumento de temperatura en relación a la media histórica de 0.87°C (Figura 2). Esto concuerda con trabajos sobre el aumento de la temperatura mínima media en verano (Giménez y Lanfranco, 2009; Oyhantçábal y Menthol, 2009). En promedio, IF indica que se mantiene el tipo de clima de noches templadas.

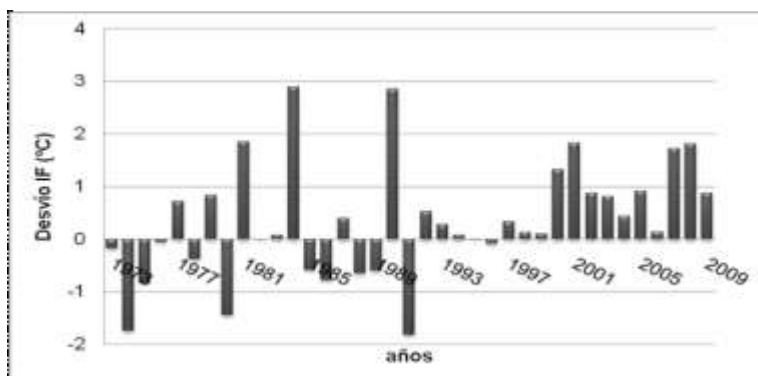


Figura 2. Variabilidad temporal del Índice de Frescor de noches. Desvíos con respecto a la normal (IF 16,8 °C) INIA. Las Brujas.

En nuestras condiciones, la tendencia es hacia un clima más caluroso (aumento de 2,03% de IF y de 3,7% de IH). El 33.3% de los años analizados, para el período de los últimos 15 años, presenta un IH e IF superior a la media, dejando en evidencia el desplazamiento a mayores temperaturas.

Es de esperar que un aumento de estos índices asociados con las temperaturas tenga como resultado en el cultivo ciclos más cortos y que la composición de la uva registre un aumento de los azúcares y una reducción de la acidez total. Este tipo de indicadores sobre el cultivo es de fácil registro y medición.

Como consecuencia y en acuerdo con varios autores la tipicidad de los vinos podría modificarse a causa del aumento en la frecuencia de episodios de altas temperaturas, e igualmente a causa del aumento de las temperaturas mínimas (Duchêne y Schneider, 2005; García de Cortázar *et al.*, 2007).

1.c. Índice de Sequía (IS)

La evolución del IS en la estación estudiada para los últimos 15 años (Figura 3) muestra una fuerte variación, con años de sequía moderada (1996, 2000, 2004, 2008 y 2009) y años húmedos (2001 y 2005). Para el período 1972-2000 el promedio del índice es de sequía moderada (Ferrer, 2007).

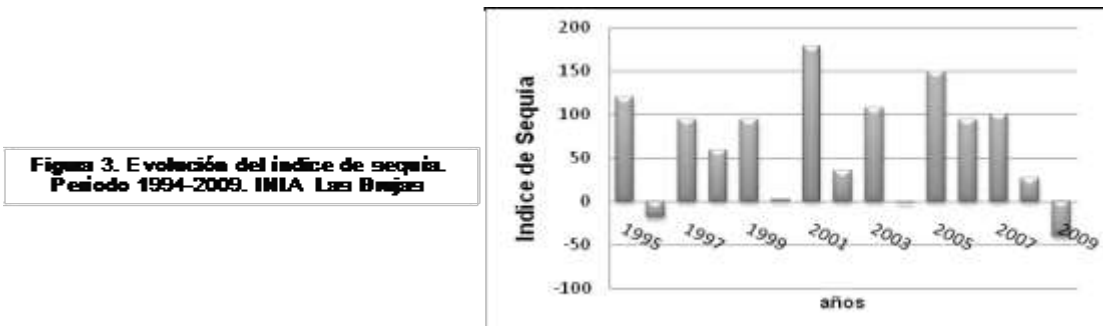


Figura 3. Evolución del índice de sequía. Período 1994-2009. INIA Las Brujas

Se consideraron otros aspectos de la componente hídrica, como la acumulación de lluvias durante el ciclo y en maduración. Se calculó para una serie del 1994 al 2009, en promedio una acumulación de lluvias de 715,9mm durante el ciclo y de 210,15mm en el período de madurez. La variabilidad inter-anual es muy elevada, como también se observa en el IS.

Como indicadores sobre el cultivo de esta variabilidad podemos mencionar una variación en el tamaño de la baya, en la producción de madera de poda y en la sanidad.

2. Comportamiento de la vid

Para poder considerar a la vid como indicadora del cambio climático, se muestra a continuación la vulnerabilidad del cultivo en los últimos quince años, dada la relación con las características anuales del clima y asociada a la evolución de los índices bio-climáticos analizados en el párrafo precedente.

2.a. Fenología

En el período de estudio se muestra una modificación significativa de la duración del ciclo fenológico con atraso de las fechas de envero y la tendencia al adelanto en la cosecha citada por varios autores (Lebon, 2002 y 2004; Jones *et al.*, 2005; Payan, 2007, figura 4).

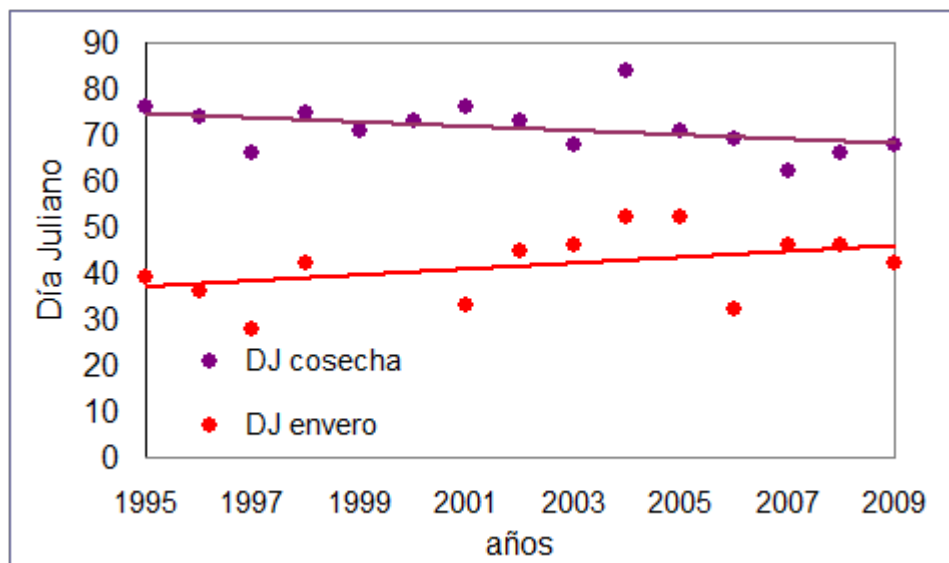


Figura 4.

Fechas de envero y cosecha expresadas en días julianos.

Período 1994-2009

El 2004 es un año atípico, con cosecha muy tardía, en donde se registra el ciclo más largo. Dicho año es clasificado según el IH en templado, y según el IS, con sequía moderada. El stress hídrico en cosecha es muy marcado (ver Potencial de Base en Figura 5). Por otro lado, 2007 presenta la fecha de cosecha más

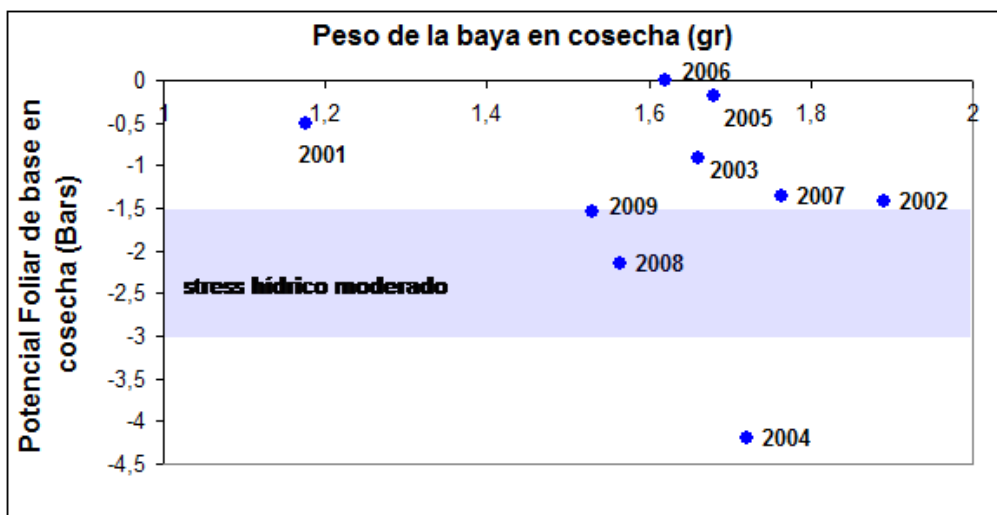
precoz y el período de maduración más corto (significativo por Tukey 5%). Ese año el IF es muy elevado, lo que se traduce en condiciones más calurosas durante el verano y, en consecuencia, un proceso de maduración más rápido. Se debe considerar que una de las referencias principales en la cosecha tecnológica es el pH (relacionado con ácidos). En años de temperaturas elevadas, el contenido de acidez en la uva disminuye más rápidamente (consumo de ácido málico fundamentalmente) y por ende la decisión de cosecha se adelanta.

Un período de maduración más corto tiene la ventaja de disminuir la exposición de los racimos a las precipitaciones y, por consecuencia, una posible menor incidencia de podredumbres. En revancha, durante un corto periodo de madurez la composición de las bayas puede presentar alteraciones o problemas ligados a la síntesis de los diferentes componentes en condiciones más cálidas. **Esta respuesta de la fenología de la planta es coherente con la evolución de los Índices térmicos (IH e IF) que registran aumento de las temperaturas y con el IS que indica una mayor demanda atmosférica**

2.b. Respuesta de la planta

El peso de la baya, variable muy dependiente del estado hídrico, y en este caso presentado particularmente en función del Potencial Foliar de base en cosecha (figura 5) y en los valores del IS. La mayoría de los años estudiados no muestra limitante hídrica. Sólo dos años presentan un stress hídrico moderado en el cual el peso de la baya en cosecha es en promedio 1,56g, siendo menor que el valor de 1,83g reportado para esta variedad por González-Néves (2005) dentro del mismo período de años.

Figura 5:
Peso de la baya en cosecha (g) y Potencial Foliar de Base (Bars) en cosecha.
Período 2001-2009.



Asociado a la componente hídrica, la demanda atmosférica produce un efecto de concentración por pérdida de agua en el grano, el cuál pudo haber influido en la composición de la baya por concentración de azúcares reductores (Ojeda *et al.*, 2008).

Durante el periodo de estudio, el IS (mide la demanda atmosférica) fue negativo para las temporadas 2004 y 2009. Se puede apreciar claramente, como la planta responde a las condiciones ambientales en cada temporada. **El peso de la baya y la concentración de azúcares es un indicador de la componente hídrica del clima de su volumen y variación.**

Con respecto a la relación entre la producción de uva y madera (IR), no se encontraron diferencias significativas, sobre todo debido a que éstas son variables que están muy influenciadas por el tipo de manejo, y por ende, enmascaran el efecto del clima. El 75% de los años estudiados muestra un desequilibrio entre crecimiento vegetativo y producción de frutos.

3. Composición de los metabolitos primarios de la baya en cosecha

Las evoluciones de los contenidos en azúcares y de acidez total presentan diferencias en función del año (Figura 6). El aumento de azúcares en los últimos 15 años no es significativo, explicado por la tendencia a la baja en los últimos cinco años. Este resultado no concuerda con varios autores que suponen un aumento general y continuo de este compuesto por una mayor fotosíntesis (Duchêne y Schneider, 2005; García de Cortázar, 2006). El máximo de contenido en azúcares es registrado en 2002, año caracterizado por condiciones térmicas templadas con noches templadas.

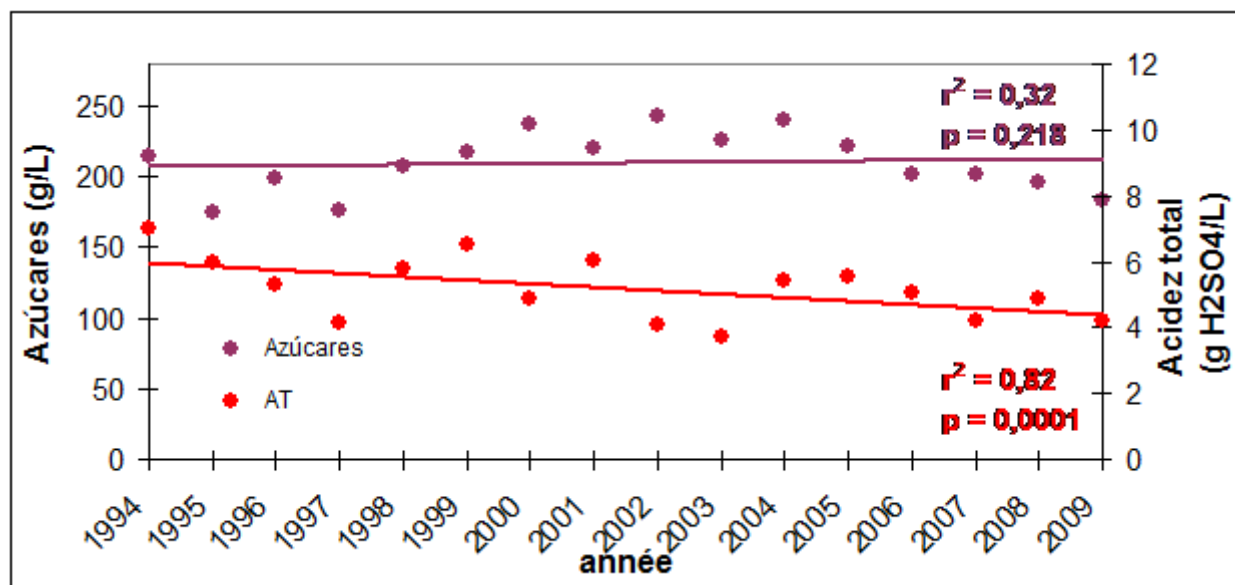


Figura 6: Evolución de los contenidos en azúcares y de acidez total en cosecha. Período 1994-2009

Por otra parte, la acidez total tiene tendencia a disminuir, concordando con los resultados de otros trabajos (Lebon, 2002; White *et al.*, 2006; Bois, 2007). La acidez total varía inversamente al contenido en azúcares. Los contenidos en acidez más bajos (diferenciados por Tukey al 5 por ciento) son aquellos de los años 1997, 2002, 2003 y 2009 (4,08 gH₂SO₄/l en promedio) que corresponden, con excepción de 2002, al grupo de años más calurosos de la serie. Los valores del pH por comparación a la acidez total, parecen mostrar diferencias en la proporción de los ácidos, es decir tartárico y málico (González-Neves, 2005).

El aumento del pH encontrado en otros trabajos (Lebon, 2002; Duchêne y Schneider, 2005) no es demostrado en nuestro estudio, sobretodo debido a que el pH es uno de los principales parámetros de decisión de cosecha, y por lo tanto, medianamente constante cada año. Su evolución no es significativa ($r^2=0.5$; $p=0,012$).

Observando la evolución de la composición de la uva en cosecha, se puede concordar acerca del posible efecto negativo sobre la composición de los mostos, en consecuencia de un aumento en el consumo de ácido málico, debido al aumento de temperatura (Lebon, 2002; García de Cortázar *et al.*, 2007).

En la composición de la uva, la componente ácida aparece como el mejor indicador acompañando los cambios térmicos y la variabilidad del índice de sequía (IS).

La fenología, la respuesta de la planta y la composición de la uva en cosecha reflejan la sensibilidad de la vid a las condiciones ambientales. El efecto año es un elemento diferenciador, explicado por las condiciones en la cuál se desarrolló el cultivo. Se puede observar como pequeñas variaciones de temperatura y aporte hídrico influyen sobre estas variables de la planta. La vid no es más que un componente del ecosistema que nos indica la variabilidad climática actual.

Conclusión

A partir de los resultados obtenidos se identifican las condiciones del clima que acompañan las tendencias citadas por varios autores sobre la realidad del cambio climático en Uruguay medidos por índices bio-climáticos. En el conjunto del período estudiado, se remarca una tendencia al aumento de las temperaturas diurnas y nocturnas y una fuerte variabilidad de las precipitaciones. Se puede considerar como hipótesis de trabajo una evolución de las condiciones actuales de las regiones del sur del país hacia aquellas que ocurren en el norte del país.

La duración del ciclo de maduración, el peso de la baya y la composición de la uva se pueden considerar como posible indicadores del cambio climático y que acompaña la evolución de los índices bio-climáticos.

Nos pudimos acercarnos a posibles impactos de la vid a la variabilidad climática en el contexto del cambio climático. Se muestra que existe una variación en la fenología y un acortamiento del período de maduración que conlleva como consecuencia previsible alteración de la composición de las bayas debido a la elabora-

ción y síntesis de metabolitos en condiciones térmicas desfavorables, así como la afectación de las reservas.

Sobre la composición de la baya en cosecha, las tendencias para los diferentes componentes son de una disminución de la acidez total y una mediocre cantidad de azúcares cuando las temperaturas durante la maduración son elevadas, lo que nos interpela la urgencia de prepararse a una evolución de las técnicas de vinificación.

Agradecimientos

Este trabajo estuvo integrado al programa que asocia al equipo de Viticultura (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo-Uruguay), el equipo CNRS Terviclim y la Cátedra Unesco « Cultura y Tradiciones de la uva y el vino » (Dijon, Francia).

Referencias Bibliográficas

- Bois, B. 2007. Cartographie agro-climatique à méso-échelle : méthodologie et application à la variabilité spatiale du climat en Gironde viticole. Conséquences pour le développement de la vigne et la maturation du raisin. Thèse doctorat Université de Bordeaux I. France. 210p.
- Bonnardot, V.; Carey, A. 2007. Climate change: observed trends, simulations, impacts and response strategy for the South African vineyards. In: Proceedings Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? Bourgogne, France. 13p.
- Bonnefoy, C.; Quénel, H.; Planchon, O.; Barbeau, G. 2010a. Températures et indices bioclimatiques dans le vignoble du Val de Loire dans un contexte de changement climatique. EchoGéo, número 14.
- Bonnefoy, C.; Quénel, H.; Barbeau, G.; Madelin, M. 2010b. Analyse climatique à l'échelle des Coteaux du Layon. VIII International Terroir Congress, 14-16 juin 2010, Soave (Italia). Volumen 3, 109-114.
- Carbonneau, A.; Moueix, A.; Leclair, N.; Renoux, J. 1991. Proposition d'une méthode de prélèvement de raisin à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep. Bull. OIV 727/728 : 679 – 690.
- Carbonneau, A. 2004. Climat du vignoble et raisonnement de l'irrigation et de la conduite. Mondiaiviti. Bordeaux, France. 109-126.
- Chabin, J.P.; Madelin, M.; Bonnefoy, C. 2007. Les vignobles beunois face au réchauffement climatique. In: Proceedings Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? Bourgogne, France. 13p.
- Champagnol, F. 1984. Eléments de physiologie de la vigne et viticulture générale. Imp. Dehan, Montpellier 351p
- Chuine, I.; Yiou, P.; Viovy, N.; Seguin, B.; Daux, V.; Le Roy Ladurie, E. 2004. Grape harvest dates and temperature variations in France since 1370. Nature, 432, 289-290pp.
- Coombe B.G., 1987. Influence of temperature on composition and quality of grapes. In: Acta Hort. 206: 23-33.
- Duchêne, E.; Schneider, C. 2005. Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. In: Agron. Sustain. Dev. 25. 93–99.
- Etchebarne, F. 2008. Influence du régime hydrique de la vigne et du rapport feuilles-fruits sur la composition minérale, et sur le bilan en sucres et en eau de la baie cv. Grenache noir (*Vitis vinífera* L.). Thèse doctorat. Universidad ENSA Montpellier, Francia. 163p.
- Echeverría, G.; Ferrer, M.; González-Néves, G.; Camussi, G.; Hernández, J.; Pedocchi, R.; Vitale, A. 2007. Demarcación y gestión del terroir vitícola de la Colonia de Sacramento. In: Actas XXXth World Congress of Vine and Wine. Budapest.
- Ferrer, M. 2007. Étude du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysiologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot. Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique – Université de Montpellier II. France. 360p.
- Ferrer, M.; González-Neves, G.; Echeverría, G.; Camussi, G.; Avondet, R.; Salvarrey, J.; Favre, G.; Fourment, M. 2011. Comportamiento agronómico y potencial enológico de la uva Tannat en tres regiones climáticas uruguayas (en prensa). Revista Agrocencia. Montevideo, Uruguay.
- García de Cortázar, I. 2006. Adaptation du modèle STICS à la vigne (*Vitis vinífera* L.). Utilisation dans le cadre d'une étude d'impact sur le changement climatique à l'échelle de la France. Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique – Université de Montpellier II. France. 349p.
- García de Cortázar, I.; Brisson, N.; Seguin, B. 2004. Estimation de l'impact du changement climatique sur les résultats agronomiques de la vigne avec le modèle STICS. En línea:

http://www.cefe.cnrs.fr/fe/pdf/2004_GarciadeCortazaretal_Mondiaviti.pdf - Última visita el 27/5/2011.

- Giménez, A.; Lanfranco, B. 2009. Vulnerabilidad al Cambio Climático de los Sistemas de Producción Agrícola en América Latina y el Caribe: Desarrollo de Respuestas y Estrategias. Capítulo Uruguay INFORME FINAL INIA. 102p.
- González-Neves, G. 2005. Étude de la composition polyphénolique des raisins et de vins des cépages Merlot, Cabernet Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en lyre et en espalier dans le sud de l'Uruguay. Thèse de Doctorat ENSA Montpellier, France. 279p.
- Huglin P. 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *C.R. Acad. Agric.* 1117-1126.
- Riou, Ch.; Lebon, E. 2000. Application d'un modèle de bilan hydrique et de la mesure de la température de couvert au diagnostic du stress hydrique de la vigne à la parcelle. *In: Bull. O.I.V.* (837-838) 755 – 764.
- INAVI, 2010. Estadísticas de los viñedos del Sur de Uruguay: www.inavi.com.uy Última visita 27/5/2011.
- Jones, G.V.; Duchêne, E.; Tomasi, D.; Yuste, J.; Braslavská, O.; Schultz, H.; Martínez, C.; Boso, S.; Langellier, F.; Perruchot, C.; Guimbertau, G. 2005. Changes in european winegrape phenology and relationships with climate. *GESCO 2005. Allemagne. Vol. 1* : 55-62.
- Lebon, E. 2002. Changements climatiques: quelles conséquences prévisibles sur la viticulture ? 6èmes Rencontres Rhodaniennes. Ed. Inst. Rhodanien. Orange, France. 31-36.
- Lebon, E. 2004. Changements climatiques, quelles conséquences pour la viticulture ? En línea: <http://s1.e-monsite.com/2009/09/09/72176809lebon2004-pdf.pdf> - Última visita 27/5/2011.
- Molfino, J.H.; Califra, A. 2004. Evaluación del drenaje natural de las tierras del Uruguay (Primera aproximación). Departamento Estudios Básicos de Suelos y Evaluación de Tierras DSA/RENARE/MGAP.
- O.I.V. 1990. Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts. Office International de la Vigne et du Vin. Paris.
- Ojeda, H. 1999. Influence de la contrainte hydrique sur la croissance du pericarpe et sur l'évolution des phenols des baies de raisin (*Vitis vinifera* L) cv Syrah. Thèse doctorat. Universidad ENSA Montpellier, Francia. 163p.
- Ojeda, H.; Deloire, A.; Whang, Z.; Carbonneau, A. 2008. Determinación y control del estado hídrico de la vid. *Revista Enología* N°6. Año 6.
- Oyhantçabal, W.; Menthol, M. 2009. Anuario OPYPA.
- Payan, J.C. 2007. Contrôle du stress hydrique pour la gestion de l'irrigation en viticulture. *In: Euroviti 2007.* 7p.
- Pérard, J.; Chabin, J.P.; Madelin, M. 2007. Le réchauffement climatique et ses impacts sur les vignobles. *In: Revue des œnologues et des techniques vitivinicoles et œnologiques* N° 125. 7-9.
- Renom, M. 2009. Temperaturas extremas en Uruguay. Análisis de la variabilidad temporal de baja frecuencia y su relación con la circulación de gran escala. Tesis doctoral. Área Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Universidad de Buenos Aires. 194p.
- Riou, Ch. 1994. Le déterminisme climatique de la maturation du raisin : application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne. Luxembourg Office des Publications Officielles des Communautés Européennes. 322p.
- Riou, Ch.; Pieri, P.; Le Clechz, B. 1994. Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes. Formulation simplifiée de la transpiration. *In: Vitis* 33: 109-115pp.
- Scholander, P.; Hammel, H.; Branstreet, E.; Hammingsen, E. 1965. Sap pressure in vascular plant. *In: Sciences* 148: 339-346.
- Schultz, H.R. 2000. Climate change and viticulture: European perspective climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *In: Aust. J. Grape And Wine Res.*, 1: 8-12.
- Schultz, H.R.; Jones, G.V. 2010. Climate induced historic and futures changes in viticultura. *In: Journal of Wine Research*, 21:2, 137-145.
- Seguin, B. 2003. Adaptation des systèmes de production agricole au changement climatique. *C. R. Geoscience* 335 569–575.
- Seguin, B.; García de Cortázar, I. 2005. Climate warming: consequences for viticulture and the notion of « terroirs » *In: Acta Hort* 689: VII Inter Symp on Grapevine Physil and Biotechnology. 61-71.
- Seguin, B. 2010. Le changement climatique : conséquences pour l'agriculture et la forêt. *In: Rayonnement du CNRS.* N° 54. 36-47.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Tonietto, J. 1999. Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France. Thèse de Doctorat ENSA Montpellier. 233p.
- Tonietto, J.; Carbonneau, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *In: Agric. Fort. Meto.* 124, 81-97.
- White, M.A.; Diffenbaugh, N.S.; Jones, G.V.; Pal, J.S.; Giorgi, F. 2006. Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st. Century. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 103(30): 11217-11222.
- Winkler, A. J.; Cook, J.; Kliever, W.M.; Lider, L. A. 1974. *General viticulture.* Univ. California. Press. Berkeley. Los Angeles. 710p.