

Cabaut, Florencia

Efecto de la radiación UV y temperatura sobre el tenor azucarino de Vitis vinifera L. cv. Malbec y Cabernet Sauvignon para la zona de Maipú y Luján de Cuyo, provincia de Mendoza

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Cabaut, F. 2013. Efecto de la radiación UV y temperatura sobre el tenor azucarino de Vitis vinifera L. cv. Malbec y Cabernet Sauvignon para la zona de Maipú y Luján de Cuyo, provincia de Mendoza [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-radiacion-uv-temperatura.pdf> [Fecha de consulta:.....]



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Efecto de la radiación UV y temperatura sobre el tenor azucarino de *Vitis vinifera* L. cv. Malbec y Cabernet Sauvignon para la zona de Maipú y Luján de Cuyo, Provincia de Mendoza”

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Florencia Cabaut

Profesor Tutor: Pablo O. Canziani

Asesor: Ing. Agr. Martín Cavagnaro

Fecha: Junio 2013

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción, antecedentes y objetivos.....	3
2. Caracterización de varietales y su relación con el ambiente.....	5
3. Radiación UV y métodos de medición.....	7
4. Efecto de la radiación UV en plantas.....	12
5. Temperatura.....	13
6. Tenor azucarino y método de medición.....	15
7. Metodología.....	17
8. Resultados y discusión.....	19
9. Conclusiones.....	27
10. Bibliografía	
11. Anexos	

“Efecto de la radiación UV y temperatura sobre el tenor azucarino de *Vitis vinifera* L. cv. Malbec y Cabernet Sauvignon para la zona de Maipú y Luján de Cuyo, Provincia de Mendoza”

• Introducción

Es sabido, que el cambio climático, sumado al aumento de la variabilidad anual del sector agropecuario debido a las condiciones económicas, aumentaran las dificultades y el riesgo en el sector. Internacionalmente se considera que dentro de las actividades agroproductivas el sector vitivinícola es uno de los más vulnerables a tales cambios.

La sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas debe tener en cuenta la influencia que los distintos procesos relacionados con el cambio climático tienen sobre nuestros cultivos para poder predecirlos y cuantificarlos, disminuyendo así potenciales pérdidas directas (menor producción) o indirectas (aumento de costos) en la productividad. Un mejor conocimiento de las relaciones fenológicas y, bajo ciertos escenarios climatico-ambientales, puede inclusive llegar a favorecer la cantidad y calidad de producción en el presente.

En las últimas décadas, el uso desmedido de compuestos químicos como los clorofluorocarburos (CFC) por parte del hombre, ha provocado la degradación de la capa estratosférica reduciendo la capacidad de la misma de absorber la radiación solar UV que alcanza la Tierra.

La radiación UV-B cuya longitud de onda está comprendida entre 280 y 320nm, es sólo absorbida parcialmente pudiendo llegar a la superficie un cierto porcentaje capaz de causar cambios sustanciales en la naturaleza de las plantas.

La temperatura media, por su parte, aumentó 0,6° C durante el siglo XX en el conjunto del mundo, y está previsto que se eleve otro grado centígrado en el 2050 y más de 2° C en el 2100, en el mejor de los escenarios previstos. En el peor, la temperatura media aumentaría en más de 2° C en el 2050, y en más de 4° C en el 2100. Es necesario señalar que estos son datos medios referidos al conjunto del planeta y que los efectos del cambio climático pueden ser más contundentes en algunas zonas. (Fernando Zamora Martín, Revista Vinum, 2007).

Por otra parte, se presentan en la Figura 1, las proyecciones que el IPCC ha realizado en el año 1995 sobre lo expuesto anteriormente.

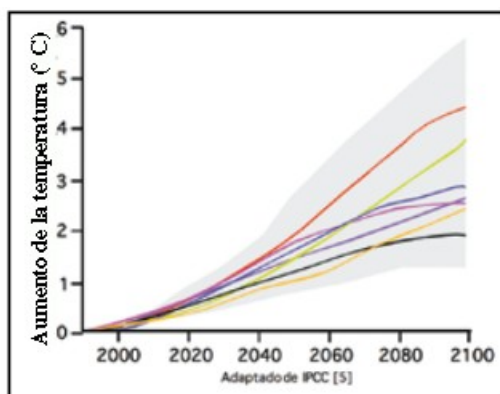


Figura 1- Proyecciones que el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) ha realizado sobre el futuro aumento de la temperatura del planeta (1995).

Jean-Philippe Roby, un experto en vitivinicultura y enología expone como efectos principales del cambio climático en la vitivinicultura, un aumento del grado alcohólico en los vinos debido a una mayor concentración de azúcares, disminución de la acidez, pérdida de aromas y un envejecimiento acelerado de los vinos. Además advierte que, el cambio climático implicará profundas modificaciones de las condiciones del cultivo de la vid que se traducirán en aumentos de temperatura y de la evapotranspiración de los cultivares.

Por otra parte, los productores vitivinícolas han buscado por muchos años correlacionar el punto de madurez óptimo y el contenido de azúcares en la uva, y han empleado el cociente entre azúcares y ácidos como indicador para determinar con la mayor exactitud posible el momento óptimo de cosecha. (Gonzalez-San José et al 1991, Ribéreau-Gayon et al 200, Hunter et al 2004, Nadal et al 2004).

El tenor azucarino o nivel de azúcares en la uva ha sido tomado como indicador económico para los productores vitivinícolas y ha sido considerado como uno de los principales parámetros de calidad por muchos años. (Bisson 2001, Kennedy 2002).

En este trabajo se analizará la radiación UVB, a través del UVindex, la Tmax y Tmin para una serie temporal de diez años, y su posible efecto sobre el tenor azucarino (concentración de azúcar en promedio ponderado) en un conjunto de muestras correspondiente a dos variedades de uva, Malbec y Cabernet Sauvignon, para los departamentos Maipú y Lujan de Cuyo, Provincia de Mendoza.

- **Objetivos:**

- Estudiar el efecto de la variabilidad climática sobre ciertas variables del clima y la relación de éstas con el potencial efecto sobre la vegetación.
- Estudiar el efecto de la radiación UV, la temperatura máxima y mínima sobre cultivares de uva y su consecuente efecto sobre la calidad de vino.

- Contribuir con el estudio de variables significativas que ayudarán, en un futuro, a una mayor eficiencia en la toma de decisiones.

Es importante que los productores e investigadores, más allá de su especialidad, estén atentos a los cambios climáticos, que es la mayor fuente de variabilidad anual a nivel global en la producción agrícola.

El estudio de dichos temas propone la concientización sobre los efectos que actualmente ya se están dando en nuestro planeta brindando las herramientas para futuras investigaciones.

- **Metodología a emplear:**

En primer lugar, se analizarán series temporales de diez años de 100 muestras de promedios ponderados de tenor azucarino para dos variedades de uva, Malbec y Cabernet Sauvignon, en los departamentos de Maipú y Lujan de Cuyo, Provincia de Mendoza.

En segundo lugar, se estudiará la correlación de éstos con los datos de UV, Tmax y Tmin, utilizando un modelo de regresión múltiple.

Finalmente, se discutirán y analizarán los resultados obtenidos.

- 1- **Caracterización de variedades y su relación con el ambiente**

El 93 % de la producción total en quintales corresponde a la región del Centro-Oeste del país (entre 28°S-36°S y 65°O-70°O) e incluye a las provincias de Mendoza y San Juan.

La provincia de Mendoza representa el 70.3% de la superficie total del cultivo en el país y el 75.1% de la producción de vinos según datos del Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) para el año 2009.

El área Centro de Mendoza, históricamente conocida como “Primera Zona”, comprende los departamentos de Lujan de Cuyo, Maipú, varios distritos de Guaymallén y Las Heras.

Desde el punto de vista productivo, es la región más importante del país representando un 17% de la superficie vitivinícola de Mendoza e incluyendo alrededor de 360 bodegas.

Pertenece al grupo climático IH+2 IF+1 IS+1, de clima caluroso y seco, noches frías y sequía moderada.

Sus precipitaciones anuales promedian los 250mm/año, su temperatura media anual es de 15° C, y su altitud varía entre los 650 a los 1.060 metros sobre el nivel del mar.

Los suelos son muy aptos, francos a franco-arcillosos con bastante material grueso (grava y canto rodado), tienen muy buena permeabilidad y son pobres en materia orgánica pero sin problemas de salinidad.

Los principales varietales tintos de alta calidad enológica que componen la oferta exportable de Mendoza son: Malbec, Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah y Bonarda. Mientras, que Chardonnay, Chenin Blanc, Torrontés, Ugni Blanc, Semillón y Sauvignon Blanc, son los cepajes blancos más utilizados para la vinificación.

El Malbec es el cepaje más representativo de la región encontrándose viñedos de más de 40 años que constituyen un patrimonio vitícola insustituible (EEAIMendoza INTA).

En el ciclo vegetativo 2010-2011 en el país se registraron 31.047 has de variedad Malbec, de las cuales 26.660 has correspondieron a la provincia de Mendoza.

En cuanto a su producción, para dicha campaña 3.001.529 qq se destinaron a vinificar, representando el 10,38% de la producción total.

La brotación de las variedades más precoces (Chardonnay y Pinot Negro) ocurre a mediados de septiembre y las más tardías a principios de octubre (Cabernet Sauvignon). El período de cosecha se extiende desde principios de febrero hasta fines de marzo-principios de abril, dependiendo del cepaje.

Las plantas del cv. Malbec, para ésta zona, brotan en el mes de octubre y florecen a fines de noviembre. Posteriormente los frutos cuajan, crecen y se desarrollan (división y expansión celular), manteniéndose verdes hasta fines de enero donde ocurre el envero.

Las variedades Cabernet Sauvignon florecen en Diciembre, enveran en Febrero y llegan a madurez a mediados de Marzo.

A partir de aquí es donde la clorofila comienza a desaparecer y comienzan a teñirse las bayas de color, según sea de variedad blanca o tinta. Comienza el ablandamiento de las paredes celulares, el inicio de acumulación de azúcar y la síntesis de los aromas varietales y de sus precursores y de las antocianinas y los flavonoles que alcanzarán su máximo. En este estadio fenológico las semillas ya están desarrolladas y aptas para germinar (madurez fisiológica).

Los azúcares se comienzan a formar en el “envero reológico”, es decir durante el ablandamiento del grano previo a que la uva comience a colorearse. En forma de glucosa y fructosa comienzan a acumularse en el grano. Los tenores crecen en función de la fotosíntesis, por ello los climas cálidos dan uvas más ricas en azúcares, pero excesos de temperatura y sequedad pueden bloquear la fotosíntesis e impedir su formación.

Conjunto al aumento del tenor azucarino, se produce la disminución de los niveles ácidos (principalmente tartárico y málico) que son respirados o destruidos por la respiración celular.

Una vez que la uva ha alcanzado su máximo tamaño y su más alta riqueza en azúcares, el grano comienza a perder peso por interrupción del floema (Broussaud y

otros 2001) y a acumular metabolitos secundarios hasta la cosecha (madurez comercial) a inicios de abril.

Es común que los tres parámetros climáticos principales (radiación, temperatura y humedad) varíen entre las diferentes temporadas de cultivo. Estos factores influyen en los procesos de maduración y por lo tanto se obtienen diferentes composiciones en las uvas, dependiendo de los años. (F. Berli, 2011).

Se han realizado ensayos en los cuales se demuestra la influencia de la luz/sombra sobre la composición de racimos de Cabernet Sauvignon (Smart et al., 1988), indicando entre otras cosas que la concentración de azúcares estaría ligada en forma positiva (negativa) a la insolación (sombreado) de los racimos.

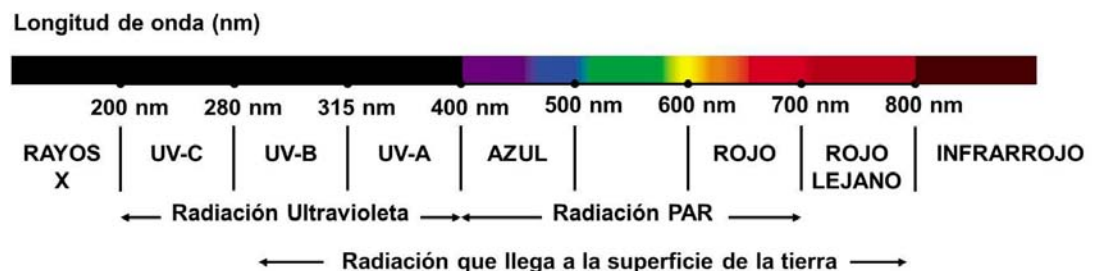
1- Radiación UV y métodos de medición

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas que se originan en el interior de la estructura solar (cromósfera y fotosfera) debido a una serie de fusiones nucleares que producen pérdida de masa y una altísima liberación de energía.

Esta radiación liberada al exterior incluye la radiación ultravioleta (UV), la visible (luz), y la radiación infrarroja (IR), que dependiendo de su energía, alcanza en mayor o menor medida la superficie terrestre.

Puede ser medida como una irradiancia- la potencia incidente sobre una superficie de una unidad de área- en unidades de W/m^2 , o como una exposición radiante o dosis-energía incidente sobre una superficie de área durante un período de tiempo- en J/m^2 .

La radiación ultravioleta (UV) se divide generalmente en tres bandas espectrales: UV-C (200-280 nm), UV-B (280-320 nm) y UV-A (320-400nm), como lo muestra la Figura 2. Cuanto menor es su longitud de onda, mayor es su energía y, por lo tanto, mayores son las alteraciones o daños que pueden producir en seres vivos y materiales.



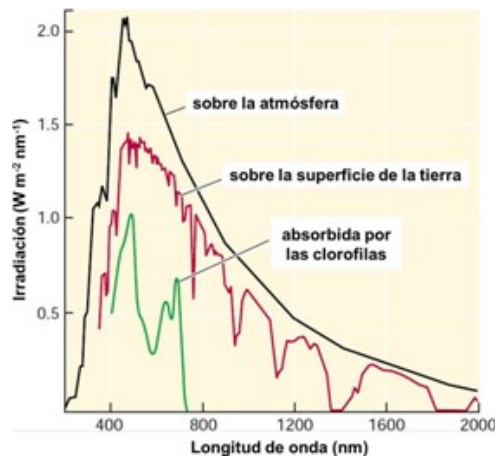


Figura 2 Espectro electromagnético solar por encima de la atmósfera y sobre la superficie terrestre (A) y (B), adaptado de (Taiz y Zeiger, 2002).

La atmósfera actúa como pantalla, de modo que la radiación UV-C es absorbida totalmente en la parte alta de la atmósfera por el oxígeno y por moléculas de ozono. La mayor parte de la radiación UV-B es absorbida en la estratósfera por el ozono. Por lo tanto, a la superficie terrestre llega radiación UV compuesta en su mayoría por radiación UV-A, y sólo una pequeña parte de UV-B.

Al ser el ozono el principal absorbente de UV-B la intensidad de la misma en la superficie terrestre depende fuertemente de la cantidad de ozono presente en la atmósfera.

Un factor que describe la relación entre la sensibilidad de la intensidad de la radiación UV-B a los cambios en el ozono total es el denominado Factor de Amplificación de la Radiación (RAF). Para pequeños cambios en el grosor de la capa de ozono el factor RAF representa el porcentaje de cambio en la intensidad UV-B para un cambio de un 1% en la columna de ozono.

Como ya se mencionó, en aproximadamente 290 nm comienza el rango de longitudes de onda de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre (p.e Iqbal, 1983). Por tal motivo, el estudio tanto de la radiación solar UVB como la UVA en la atmósfera y a nivel de la superficie de la Tierra es altamente relevante para la vida en el planeta. (Luccini, 2003)

Aunque UV-B representa solamente una pequeña porción de la radiación solar que llega a la superficie terrestre, su impacto en los procesos biológicos es considerado de gran importancia (Björn et al., 2002; Jordan, 2002).

Los datos UV son provistos por TEMIS (Tropospheric Emission Monitoring Internet Service), un servicio brindado por la Agencia Espacial Europea (ESA), más precisamente por el Instituto Meteorológico Real de Holanda (KNMI), que provee de

información sobre las concentraciones troposféricas de gases, aerosoles, y UV, medidas satelitalmente a través de sensores remotos como GOME, SCIAMACHY y (A)ATSR.

Es importante destacar aquí la dificultad para obtener datos confiables y extendidos en el tiempo debido a la complejidad de las mediciones y a los pocos lugares en las que efectivamente se llevan a cabo. Es necesaria la comparación entre los distintos instrumentos de medición para la convalidación de resultados, debido a que los procedimientos y las calibraciones son generalmente distintas y podrían llevar a error.

A su vez, la dependencia con distintos parámetros atmosféricos de marcada variación espacio-temporal como la columna de ozono, aerosoles, nubosidad, y el albedo, hacen compleja la detección de tendencias (Kerr, 1997).

La estación meteorológica de Mendoza publica sus observaciones de UV a partir del año 2002, presentado los cuatro años sucesivos datos escasos y poco confiables. En consecuencia, se decidió trabajar con mediciones remotas que provean series históricas completas y viables para llevar a cabo este trabajo.

La serie de datos UV que va desde 1998 a 2002 es medida por GOME, mientras que los datos UV desde 2003 hasta el año 2011 son provistos por el instrumento SCIAMACHY.

Los sensores espaciales son la única manera de llevar a cabo una observación global eficaz: GOME (Global Ozone Monitoring Experiment), a bordo del satélite ERS-2, es el primer instrumento europeo pasivo de observación remota que trabaja sobre los espectros de longitudes de onda ultravioleta, visible e infra-roja cuyo objetivo primario es la determinación de la cantidad y distribución de constituyentes atmosféricos. (Burrows et al 1988^a, 1993)

Sin embargo, el GOME fue sólo un precursor a escala del SCIAMACHY, quien viaja a bordo del ENVISAT-1 (Primer Satélite Ambiental) y mejoró a éste primero en varios aspectos.

Si bien ambos instrumentos funcionan de la misma manera, el GOME tiene una resolución espacial limitada a sólo 320 x 40 km, comparada con la resolución habitual del SCIAMACHY de 60 x 30 km, que también observa la atmósfera en dos vistas diferentes (visión hacia abajo o de "nadir", así como observaciones de "limb" o tangencial en la dirección de vuelo) y tiene una gama espectral significativamente mayor que la de su predecesor.

Uno de los productos de observación más difundidos es el UVindex.

El índice eritémico UV, comúnmente denominado Índice UV (UVI), es una estimación de los niveles UV que tienen importancia por sus efectos sobre la piel humana, donde 1 unidad es igual a 25 mW/m².

El Índice UV se calcula a través de un modelo numérico que relaciona los niveles de ozono con la incidencia UV en la superficie terrestre y la altitud de las ciudades en las que se realiza el pronóstico. Dicho índice se representa en la Figura 3.

Se parte de la medición satelital de ozono total, por parte de los instrumentos GOME y SCIAMACHY, que luego es utilizada para determinar la cantidad de radiación UV

que llega a la superficie terrestre con una longitud de onda de entre 290 y 400 nm (que representa el espectro total de longitud de onda UV), teniendo en cuenta la hora del día (mediodía solar), el día del año y el ángulo solar (SZA).

Para ciertos campos de estudio biológicos podría ser necesario separar en UVI para valores de UV-B y UVI para valores de UV-A. Si bien cierta división es posible, cuando se deriva la parametrización del UVI como función del ozono total y del ángulo solar (SZA), la resultante tendrá mayores incertezas, ya que dicha parametrización estará basada en menores puntos (longitudes de onda) que al utilizar la longitud de onda completa. (Jos van Geffen, 2004)

Luego esta información se pondera de acuerdo con la manera en que la piel humana responde a cada longitud de onda. La función de ponderación se denomina espectro de acción de eritema McKinlay-Diffey, ya que fue propuesto por McKinlay & Difeey (1987) y adoptado como estándar por la Comisión Internationale de l'Eclairage (Comisión Internacional de Iluminación).

Estos cálculos se ajustan para contemplar los efectos de la altitud. En la superficie, la radiación UV experimenta un aumento de alrededor del 6% por cada kilómetro que nos elevemos sobre el nivel del mar.

Una vez ajustado a la altitud, este valor se divide por un factor de conversión de 25 y se redondea al número entero más cercano. Esto produce un valor que oscilará entre el 0 (cuando no hay luz solar) y una cifra cercana al 15. El valor resultante es el índice UV.

Es importante resaltar aquí que el cálculo del índice UV no contempla la nubosidad, los efectos de las variaciones del reflejo según la superficie, los agentes contaminantes de la atmósfera o la bruma.

Para obtener datos más precisos sería necesario corregir por dichos factores.

A partir de aquí se podría construir un índice de modulación de la radiación diaria sobre Mendoza para corregir el UV tomando el valor medido de UV a cielo abierto multiplicado por $1 - \text{refl}/100$, donde refl es el valor de reflectividad en el área sobre Mendoza. Hay que tener en cuenta que Mendoza es una de las zonas de menor nubosidad del país, con pocos días cubiertos por mes y por año.

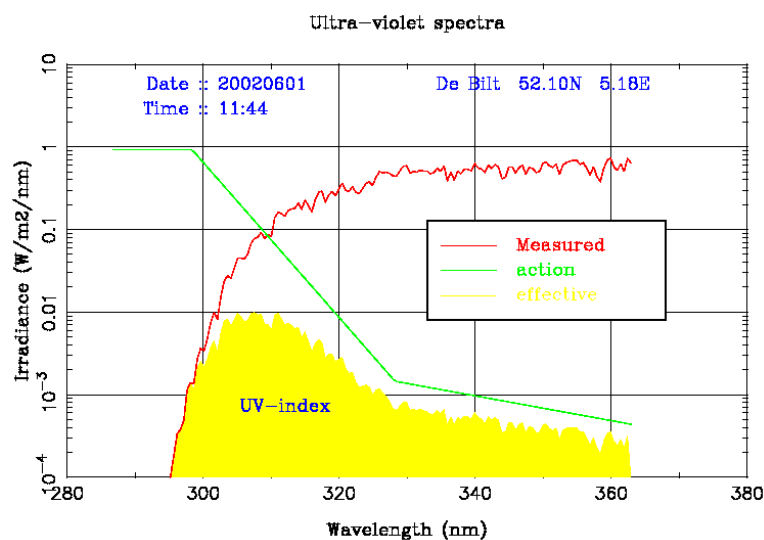


Figura 3: En rojo, el espectro de luz ultravioleta medido a través del Espectrofotómetro Brewer en De Bilt (Holanda) el 1 June 2002, a condiciones de cielo despejado. También se encuentra graficado el espectro de acción eritémica (CIE) en verde. La multiplicación de éstas dos da como resultado el espectro de UV eritémico y el área en amarillo determina el Índice UV (UVI). El valor de UVI medido es de 6.3. (Marc Allaart, KNMI, De Bilt)

Los datos brindados por GOME abarcan un período total de 8 años, siendo insuficientemente largo como para generar estudios de tendencias. La combinación de los datos UV brindados tanto por GOME como SCIAMACHY es por lo tanto necesaria. Al estar, tanto los datos de ozono como los de UV, computados a través del mismo algoritmo para los dos instrumentos, la combinación de ambas series de datos es adecuada para el análisis de tendencias. (Jos van Geffen, 2004)

Con respecto a los datos UV, es importante también resaltar el fundamento de los meses con los que se trabajó ya que determinan directamente los resultados estadísticos detallados a continuación.

En el mes de diciembre y enero, las bayas se están terminando de formar (cuaje) y están en la etapa I de su crecimiento, que es cuando logran su tamaño final. A partir de febrero comienzan los cambios físico-químicos de las uvas (aumentan los azúcares y el ácido tartárico, disminuyen el ácido málico y el cítrico, y los hollejos comienzan a colorearse). La acumulación de azúcares se produce hasta marzo -abril (de acuerdo con las variedades). Justamente Malbec es una variedad media y Cabernet Sauvignon de maduración tardía.

Por lo tanto, los datos UV fueron acumulados todos los años desde diciembre a marzo con el fin de determinar el efecto efectivo que tuvo dicha variable sobre la baya ya formada.

2- Efecto de la radiación UV en plantas

La influencia de la radiación UV en las plantas ha sido un claro objetivo de estudio en las últimas décadas, en el que se han utilizado gran variedad de especies, distintos estadios de desarrollo, diversas condiciones de crecimiento y sobretodo, diferentes estrategias para determinar la forma más precisa en la que se pueda medir cómo estas especies absorben dicha radiación.

Distintos autores han escrito sobre los posibles efectos del UV en las plantas y varias de las conclusiones a las que se han llegado incluyen desde cambios en la composición genética, que pueden provocar, a niveles altos de radiación, daños celulares directos al ADN, proteínas y lípidos, y de inhibición de las reacciones de fotosíntesis, procesos de la membrana celular, etc. (Berli, F, 2013) ó a través de la sobreproducción de radicales libres, llamadas especies reactivas de oxígeno (ROS), causar daños oxidativos a diferentes macromoléculas (Berli, F, 2013). A niveles moderados, por otro lado, pueden promover mecanismos de protección, estimulando la transcripción de genes que promueven la biosíntesis de metabolitos secundarios, en particular de compuestos fenólicos, responsables de la absorción de UV, que se acumulan en las vacuolas de las células epidérmicas, (Berli, F, 2013), reduciendo así el daño por UV-B.

Diversos estudios previos han concluido en que los frutos expuestos a la luz contienen generalmente mayores contenidos de sólidos solubles, antocianinas y fenoles, y menores contenidos de ácidos málico y titratable, pH y peso comparados con aquellos frutos que no fueron expuestos. (J. Bergqvist et al., 2001)

De todas formas y a pesar del progreso que se ha logrado en este campo de estudio, los niveles de radiación UV óptimos para un determinado cultivar continúan siendo inciertos.

Las respuestas son dependientes del contexto en el que se dé el tratamiento de UV-B, esto es la interacción con otras variables ambientales como son las cantidades de otras calidades de radiación, temperatura, agua y estado nutricional (Caldwell et al., 2003; Frohnmeyer y Staiger, 2003; Kakani et al., 2003). En general, se observan efectos más moderados de UV-B en condiciones de campo que en condiciones con ambientes controlados (Caldwell et al., 2003). Experimentos con balances irreales, es decir diferentes a los encontrados en ambientes naturales, entre las radiaciones UV-B, UV-A y la radiación fotosintéticamente activa (PAR, photosynthetically active radiation; 400 a 700 nm), pueden exagerar los efectos de UV-B (Björn, 1996; Caldwell y Flint, 1997; Allen et al., 1998).

Baja intensidad lumínica disminuye el tamaño de la baya, Brix, pH y la concentración de prolina, y aumenta la TA y la concentración de málico y arginina (Kliewer y Lider, 1970). Cuando se manipula la radiación incidente conducida sobre la uva, solamente se observaron pequeñas diferencias en la composición. Por ejemplo, el mosto de racimos expuestos y sombreados de Cabernet Sauvignon cultivados en Napa Valley no exhibieron diferencias significativas en Brix, tartratos, málicos, potasio, pH, o compuestos fenólicos (Crippen y Morrison, 1986).

Trabajos de Dokoozlian (1990) con Cabernet Sauvignon y Pinot noir en ambientes controlados demostraron que la radiación visible realza el crecimiento del fruto, la acumulación de azúcar y de antocianinas.

Efectos de la cantidad lumínica en el crecimiento de la baya se observaron principalmente cuando el sombreado ocurrió en las primeras etapas del desarrollo. El sombreado en la Etapa III no tuvo efecto en el crecimiento o la acumulación de azúcar sino que disminuyó la degradación del málico y la síntesis de antocianos. Recientemente, experimentos de sombreado con Cabernet Sauvignon indicaron un efecto de la intensidad lumínica en el crecimiento de la baya, acumulación de azúcar, málico, TA, antocianos, fenoles totales y amonio (Smart et al., 1985).

3- **Temperatura**

Otro factor relevante es la temperatura y su incidencia en el crecimiento y composición de los racimos en las distintas épocas del ciclo fenológico. Tanto el crecimiento como la productividad de los racimos dependen de la asimilación de carbono en la fotosíntesis y su posterior traslocación y localización, todo esto está regulado por la temperatura (Sotes, 2004).

La temperatura afecta notoriamente la composición de la uva. Afecta el índice de respiración, por lo que repercute sobre los sustratos de la misma, azúcares y ácidos orgánicos entre otros. De este modo, la composición de la uva varía al hacerla la temperatura media mínima y media máxima de maduración. Esta temperatura debe alcanzar al menos 18 grados para conseguir un grado de madurez satisfactorio.

Las temperaturas elevadas, superiores a 42 grados, no son favorables por provocar el bloqueo de la fotosíntesis e incluso la calcinación de las hojas y frutos. Sin embargo, si son necesarias temperaturas relativamente elevadas para la producción de vinos de calidad. Ribereau-Gayon et al. (1971) señalan un mínimo de 3° grados para obtener una buena cosecha.

El aumento de la temperatura, ya sea por la radiación incidente o por efecto de la temperatura del aire, provoca un incremento en los procesos metabólicos de la planta, asociado al aumento del desarrollo y acumulación de metabolitos (Downey et al., 2006).

El efecto de la temperatura no es igual sobre todos los componentes de las uvas. Kliewer (1970) indica que diferentes variedades de *Vitis vinifera* presentan mayor contenido de compuestos antocianicos en piel cuanto menores son las temperaturas diurnas y, en general, en las regiones y estaciones más frías, se produce mayor cantidad de pigmentos. Las uvas que maduran a temperaturas elevadas presentan un contenido en compuestos antocianicos menor e incluso no llegan a desarrollar el color característico.

Se sabe que una marcada diferencia entre la temperatura diurna y nocturna favorece una maduración lenta del fruto que lleva al desarrollo óptimo del aroma y del color.

También se ha demostrado la influencia del clima sobre la composición ácida uva. Así, el clima frío favorece altos contenidos en ácido málico. Maujean et al. (1983) observaron que el ácido málico disminuye fuertemente sobre todo a temperaturas superiores a los 30 grados. Las temperaturas altas próximas a la cosecha provocan una gran disminución de la acidez por combustión respiratoria. Meriaux (1982) encontró correlaciones negativas entre la suma de grados-día del periodo de maduración y la acidez de los mostos, debido a la mayor degradación por combustión. Además, en climas cálidos las uvas alcanzan elevados contenidos de sólidos solubles, de los cuales los azúcares constituyen un alto porcentaje. (Winkler, 1978).

Debido al fuerte impacto que tiene la temperatura en el crecimiento y maduración de la vid, durante años se estudió cómo cambios en dicha variable climática pueden afectar positiva o negativamente los cultivos de diferentes zonas vitivinícolas.

Regiones que hoy en día presentan una temperatura media de 15 grados celsius y aumentan en un grado su media a lo largo de un periodo de tiempo, presentarán también un cambio en las variedades de cepa que mejor se adapten a las nuevas condiciones climáticas. Si el aumento, en cambio, no es solo de un grado sino de dos grados centígrados por ejemplo, es incluso probable que la región pase a pertenecer a otra “zona climática de maduración”. En muchos casos, hasta podrá ampliarse el espectro de variedades de uva aptas para madurar en una región dada (Jones, G, 2007).

Las observaciones y los experimentos modelo han demostrado que el cambio climático no sólo se manifestará en los valores medios, sino que posiblemente también conllevará más alternancias abruptas entre calor y frío.

El desplazamiento del potencial de maduración condicionado por el clima y su influencia en la calidad de los vinos se traducirán especialmente en una aceleración del crecimiento de las plantas y en perfiles de maduración desequilibrados.

En una región que presenta condiciones de maduración que favorecen la relación adecuada entre la acumulación de azúcar y la estructura ácida, así como la formación de un perfil aromático óptimo para cada variedad de cepa, se producirán vinos equilibrados (Jones, G, 2007).

En un entorno demasiado caluroso, la vid acelerará su desarrollo fenológico, lo que probablemente llevará a una maduración del azúcar más temprana y más alta, mientras que el acidez se perderá, pues los vinicultores esperarán a la concentración de los aromas (Jones, G, 2007)

En Napa Valley California, entre los años 1971 y 2001, se ha elevado del 12.5 por ciento al 14.8 por ciento el contenido medio de alcohol, mientras que han ido

descendiendo simultáneamente los valores de acidez y ha aumentado el pH. (Jones, G, 2007).

En la Figura 4 se representan las temperaturas óptimas para la fase de crecimiento en función de las distintas cepas cultivas en Napa Valley, California.

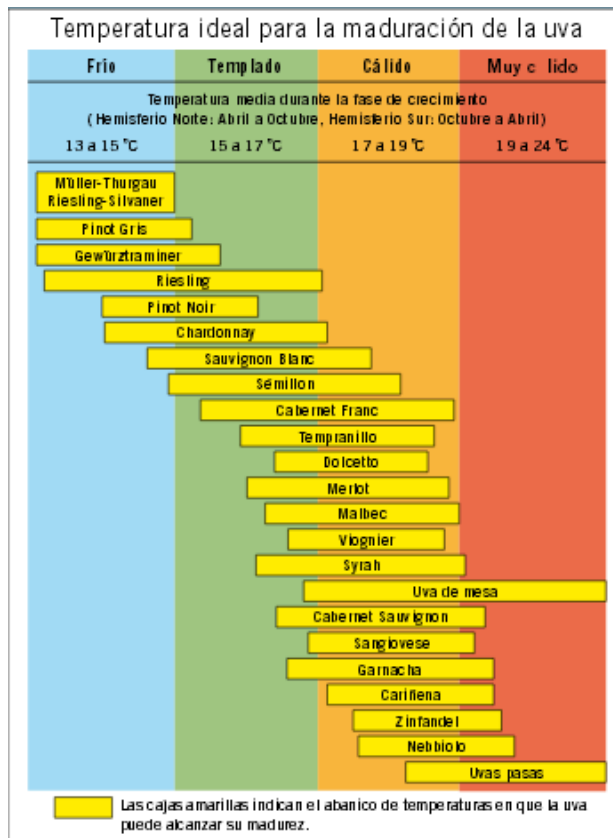


Figura 4: Temperaturas óptimas para distintas variedades

4- Tenor azucarino y método de medición

Se sabe que la maduración de la uva (como de la mayoría de los frutos) puede ser considerada desde el punto de vista fisiológico (madurez fisiológica) o industrial (madurez industrial). La uva está fisiológicamente madura, cuando sus semillas han adquirido la capacidad de germinar. Enológicamente, en cambio, la madurez se alcanza (según un antiguo concepto) cuando ‘el peso medio del racimo ha adquirido su valor máximo y ya no se registran incrementos apreciables (en cantidad total, no relativa) en el azúcar del grano’ (Oreglia, F., 1980). Teóricamente esta definición puede resultar clara, pero en forma práctica son tantos los factores que intervienen y

determinan el momento de madurez de la uva, que lleva considerar el concepto de madurez tecnológica; es decir determinar el momento de cosecha en función del vino a obtener y las características de cepaje, el suelo, clima, el manejo del viñedo, etc. Todo esto lleva tomar la decisión del momento de comenzar la cosecha en forma conjunta entre profesional a cargo de viñedo y el responsable de la elaboración del vino en bodega.

La lectura del potencial enológico de los viñedos durante el reposo y actividad vegetativa junto a una correcta decisión de inicio y una logística racional de cosecha, son puntos estratégicos esenciales para lograr mejores uvas y vinos.

La forma más común de elegir la fecha de cosecha, en la mayoría de los casos y sobre todo para vinos de mesa, determinando así la madurez industrial o tecnológica, es el empleo de diversos Índices de madurez, los que usan principalmente los contenidos de azúcar y ácidos presentes en los granos. De toda maneras utilizar sólo estos criterios resulta, aunque válido, insuficiente para la elaboración de vinos de mayor calidad. Esto es porque no son considerados muchos otros componentes de la calidad, que también evolucionan con los azúcares y los ácidos (aspecto externo de la uva, color, consistencia, sabor los granos, lignificación del escobajo, de la semilla, etc).

Los grados Brix que se representan °Bx miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 grados Brix tiene 25 gr de azúcar en 100 gramos de líquido. Los grados Brix se miden con un refractómetro. Los refractómetros son instrumentos de medición que utilizan el fenómeno de la refracción de la luz. Se basan en el principio de que cuando aumenta la densidad de una sustancia, el índice de refracción aumenta proporcionalmente. Los refractómetros calibrados a 20°C requieren de un ajuste a la temperatura que se realizan las lecturas mediante una curva de calibración. Dependiendo del equipo estos miden directamente los grados Brix o primero el índice de refracción.

Unidad de medida (Brix):

La escala de medición indica el porcentaje de concentración de los sólidos solubles contenidos en una muestra. El contenido de sólidos solubles es el total de todos los sólidos disueltos en el agua, incluyendo el azúcar, proteínas, sales, ácidos, entre otros. La medida leída es la suma de éstos, a partir de la cual se obtiene la proporción de azúcares.

1. Metodología

Los datos de las variables temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) fueron provistos por la estación meteorológica Mendoza Observatorio; los datos UV fueron provistos por TEMIS (Tropospheric Emission Monitoring Internet Service), un servicio brindado por el Instituto Real de Meteorología de Holanda. En cuanto a los valores de grados-día acumulados, estos fueron calculados con base 10°C, desde

previo al envero hasta madurez y, finalmente los datos de tenor azucarino se obtuvieron a través del Instituto Nacional de Vitivinicultura, organismo que se encarga de la fiscalización del sector vitivinícola en la ciudad de Mendoza.

Mediante un modelo de regresión múltiple se estudió cómo los cambios en Tmax, Tmin, UV y Grados-día acumulados afectan el contenido azucarino tanto en la variedad Malbec como en la variedad Cabernet Sauvignon en los Deptos. de Luján de Cuyo y Maipu, Mendoza, mediante el ajuste de un modelo para la relación funcional entre tenor azucarino y sus regresoras. Para dicho estudio se utilizó el software estadístico InfoStat.

El problema de multicolinealidad existe en modelos de regresión múltiples en los que hay un alto grado de correlación entre las variables independientes, que como consecuencia aumentarán las varianzas de los estimadores y por lo tanto complicaría la atribución precisa de cada una de las variables independientes en la evolución de la variable dependiente. Es importante señalar que el problema de multicolinealidad, en mayor o menor grado, se plantea porque no existe información suficiente para conseguir una estimación precisa de los parámetros del modelo. En este caso, se estudió las correlaciones entre todas las variables independientes a través del coeficiente de Correlación de Pearson y los Factores de inflación de la varianza (FIV), para luego evaluar que variables serían finalmente incluidas en el modelo. En el presente estudio el principal problema de colinealidad surge entre la variable Tmax y Grados-días acumulados. En efecto el hecho de calcular mensualmente los grados-días acumulados sobre base 10C y por otro utilizar la temperatura máxima media mensual resulta, como es dable esperar, en series temporales con correlaciones de 0.94 para el periodo de estudio. Esto quiere decir que la información contenida en ambas series es esencialmente la misma, y que por lo tanto la inclusión de ambas simultáneamente resulta en la incorporación de información redundante en el modelo estadístico.

Por otro lado, y para la elección de los parámetros del modelo, se utilizaron distintos métodos de selección (backward, forward y stepwise) que buscan la selección de aquellos parámetros que minimicen el error cuadrático medio y por tanto el mejor modelo.

Junto con la correlación muy alta (0.94) entre Tmax y GDAcumulados, se observó un FIV demasiado grande, por lo expuesto anteriormente. De acuerdo con los principios de esta metodología en donde se debe optimizar el modelo con la inclusión de sólo aquellas variables relevantes para explicar la variabilidad en la respuesta, se determinó eliminar la variable Grados-Día acumulados del modelo que presentó en todos los casos un efecto menos significativo que Tmax.

La ecuación del modelo final es:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_i \beta_i T_{min} * X_i T_{min} + \sum_i \beta_i T_{max} * X_i T_{max} + \sum_i \beta_i UVI * X_i UVI + \epsilon$$

Donde,

Y_t : Estimación la variable dependiente, Taz.

α_0 =Ordenada al origen de la recta.

i : mes - diciembre, enero, febrero,

por lo tanto:

$X_{12}T_{min}$: Temperatura mínima para Diciembre.

X_1T_{min} : Temperatura mínima para Enero.

X_2T_{min} : Temperatura mínima para Febrero.

$X_{12}T_{max}$: Temperatura máxima para Diciembre.

X_1T_{max} : Temperatura máxima para Enero.

X_2T_{max} : Temperatura máxima para Febrero.

$X_{12}UVI$: Índice UV promedio para Diciembre.

X_1UVI : Índice UV promedio para Enero.

X_2UVI : Índice UV promedio para Febrero.

ε : error residual aleatorio

Supuestos del modelo:

Para garantizar la validez del modelo estadístico propuesto se analizan los supuestos de linealidad, independencia, normalidad, homocedasticidad y no-colinealidad.

En primer lugar se estudio el supuesto de linealidad en el cual se graficaron los residuos y se interpretó la posible relación lineal entre variable dependiente y regresoras. Mediante un gráfico de dispersión de los residuos también se buscó verificar el supuesto de errores independientes. Con ello se entiende que los errores son variables aleatorias independientes.

Para el estudio de normalidad, se graficaron los residuos versus los cuantiles teóricos de una distribución normal a través del Q-Q Plot y se realizó una prueba de hipótesis de normalidad con el estadístico Shapiro-Wilks.

Para verificar el supuesto de homogeneidad de varianzas (homocedasticidad) se graficaron los residuos versus los valores predichos que permitió visualizar la homogeneidad de las varianzas, y detectar la existencia de observaciones atípicas (“outliers”). Otra estrategia utilizada para la validación de este supuesto fue la prueba de Levene.

2. Resultados y discusión

En una primera observación, se notó un aumento del valor medio anual de azúcares en pulpa al momento de cosecha, a lo largo de la serie de años, para ambas variedades Malbec y Cabernet Sauvignon, como lo muestra la Figura 5.

Dichas observaciones concuerdan con las de Carla Aruani, 2011, en donde, también observa la existencia de una tendencia positiva significativa en cuanto a la

concentración azucarina en baya al momento de cosecha entre 1993 y 2009, para variedades tintas, entre ellas Malbec y Cabernet Sauvignon, para Mendoza Centro. Para la Figura 5, ambas rectas presentaron una pendiente positiva y ajustes razonables ($R^2=0.86$ y $R^2=0.85$ respectivamente).

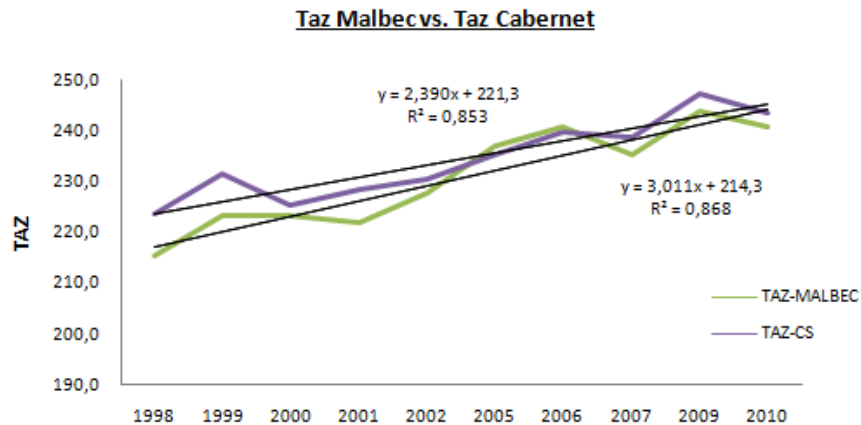
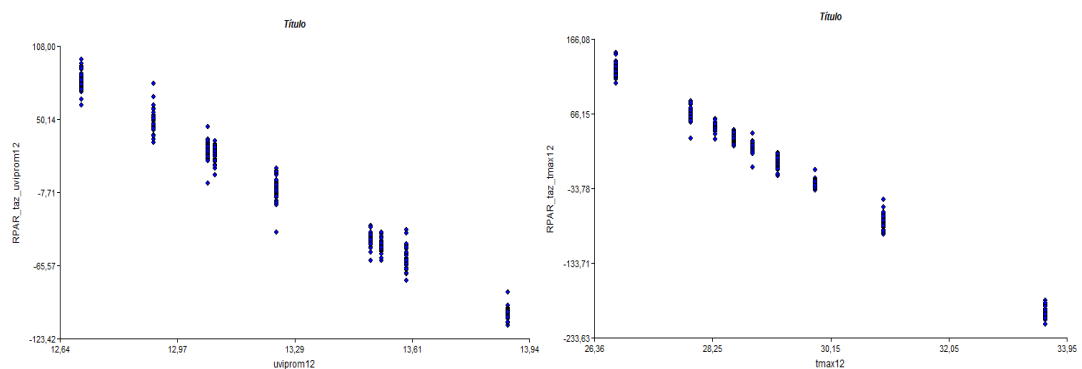


Figura5: Valores promedio anuales de tenor azucarino para las variedades Malbec y Cabernet Sauvignon, Lujan de Cuyo, Mendoza.

Se buscó determinar así, el aporte de las variables climáticas, buscando determinar su grado de contribución relativa al contenido azucarino total a cosecha, con el objetivo de estudiar qué fenómenos controlan la varianza del Taz. Para dicho fin, se utilizó el método de regresión múltiple en el que se incluyeron Tmax, Tmin y UVIprom como variables regresoras.

Los gráficos de residuos muestran una clara linealidad entre los niveles de azúcares acumulados y las variables regresoras. Las Figuras 6 y 7 muestran los residuos parciales para las variables en el mes de Diciembre para Malbec y Cabernet Sauvignon respectivamente.



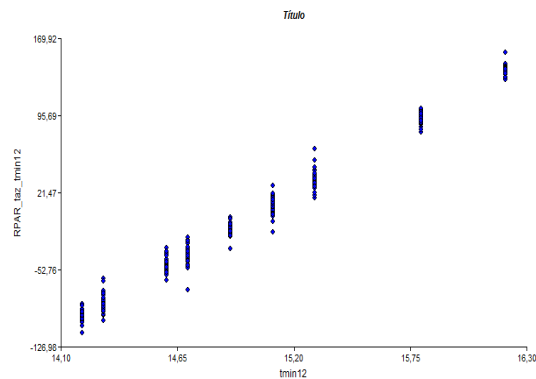


Figura 6: Gráficos de residuos parciales de tenor azucarino (taz) en función de las variables regresoras T_{min12} , T_{max12} y UVI_{prom12} para la variedad Malbec.

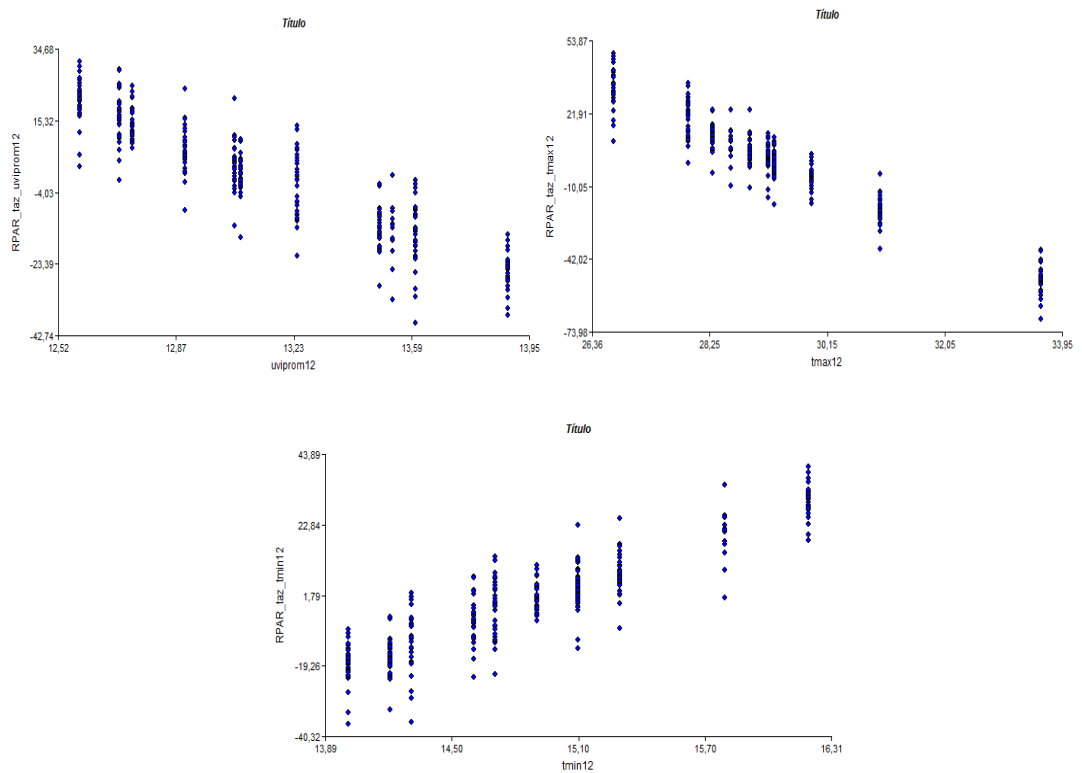


Figura 7: Gráficos de residuos parciales de tenor azucarino (taz) para cada una de las variables regresoras T_{min12} , T_{max12} y UVI_{prom12} para la variedad Cabernet Sauvignon.

Los diagramas indicarían que, para ambas variedades y para el mes de Diciembre: a) existe una relación lineal negativa entre UVI_{prom} y Taz, b) existe una relación lineal negativa entre $T_{máx}$ y Taz y, c) existe una relación lineal positiva entre T_{min} y Taz.

Los coeficientes fueron los siguientes:

Malbec		Cabernet Sauvignon	
Variable	Coficiente B	Variable	Coficiente B
const	1493,79	const	445.82
tmin12	117,74	tmin12	22.27
tmax12	-47,29	tmax12	-12.22
uviprom12	-155,68	uviprom12	-35.31
tmin1	27,86	Tmin1	7.44
tmax1	-1,16	Tmax1	-0.18
uviprom1	34,61	Uviprom1	4.45
tmin2	34,75	Tmin2	-3.60
tmax2	29,03	Tmax2	5.93
uviprom2	-152,26	Uviprom2	-1.15

Tabla 2: Tabla con los coeficientes α_0 (ordenada al origen), $\beta_{12}Tmin$, $\beta_{12}Tmax$, $\beta_{12}UVIprom$, β_1Tmin , β_1Tmax , $\beta_{12}UVIprom$, β_2Tmin , β_2Tmax y $\beta_2UVIprom$ para cv. Malbec y cv. Cabernet Sauvignon.

Es importante aquí resaltar que ambas variedades consideraron las mismas variables para la misma época del año (Diciembre-Enero-Febrero) sin tener en cuenta las diferencias fisiológicas que ciertamente existen entre ambas.

Las respuestas de cada variable pueden mostrarse en la siguiente tabla (Tabla 3):

Malbec		Cabernet Sauvignon	
R^2Aj	0.57	R^2Aj	0.51
Variable	pvalor	Variable	pvalor
Modelo	<0.0001	Modelo	0.0055
Tmin12	<0.0001	Tmin12	0.0386
Tmax12	<0.0001	Tmax12	0.0180
Uviprom12	<0.0001	Uviprom12	0.0357
Tmin1	<0.0001	Tmin1	0.0134
Tmax1	0.0153	Tmax1	0.6506
Uviprom1	<0.0001	Uviprom1	0.4002
Tmin2	<0.0001	Tmin2	0.2427
Tmax2	<0.0001	Tmax2	0.0674
Uviprom2	<0.0001	Uviprom2	0.9435

Tabla 3: Tabla con p-valores y coeficientes de determinación ajustados (R^2Aj) para cv. Malbec y cv. Cabernet Sauvignon.

Como puede observarse, todas las variables para Malbec dieron respuestas significativas presentando p-valores inferiores al crítico (p-valor=0.05) no sucediendo lo mismo para Cabernet Sauvignon.

Si bien ambos modelos presentaron un buen ajuste (Malbec, $R^2_{Aj}=0.57$ y Cabernet Sauvignon, $R^2_{Aj}=0.51$), Tmax, Tmin y UVI_{prom} para el mes de Febrero e incluso Tmax y UVI_{prom} para el mes de Enero no fueron significativas para Cabernet, observándose p-valores superiores al crítico.

Al ser ésta última una variedad tardía en cuanto a fechas medias de brotación, cuaje, envero y madurez, es predecible que un mismo modelo no pueda explicar de igual manera los aumentos observados en la variable dependiente aunque la varianza explicada sea alta en ambos casos.

Paralelamente se estudió la correlación entre las series temporales de tenor azucarino observado los estimados por el modelo, concluyéndose que dicho modelo explica una varianza del orden del 99% para Malbec y del 60% para Cabernet Sauvignon.

Si bien es sabido que la producción de biomasa y el rendimiento potencial están en gran parte determinados por la cantidad de radiación interceptada por el follaje, mientras que la composición de las bayas ha sido asociada a la exposición de las hojas y los racimos a la luz (Mabrouk y Sinoquet, 1998), la mayoría de los estudios en donde se trabaja con distintas dosis de UV son difíciles de comparar debido a que su efecto depende fuertemente de otros factores climáticos como temperatura, radiación total, precipitación y estado nutricional de la planta.

Kliwer y Lider, en 1970, observaron que niveles bajos de intensidad lumínica disminuyen el tamaño de la baya, el contenido de azúcar por uva, el pH y la concentración de prolina, y aumenta la TA y la concentración de málico y arginina pero, cuando se manipula la radiación incidente conducida sobre la uva, solamente se observaron pequeñas diferencias en la composición.

Según Crippen y Morrison, 1986, el mosto de racimos expuestos y sombreados de Cabernet Sauvignon cultivados en Napa Valley no exhibieron diferencias significativas en Brix, tartratos, málicos, potasio, pH, o compuestos fenólicos. Por otro lado, trabajos de Dokoozlian (1990) con Cabernet Sauvignon y Pinot noir en ambientes controlados demostraron que la radiación visible realza el crecimiento del fruto, la acumulación de azúcar y de antocianinas. También, experimentos de sombreado con Cabernet Sauvignon indicaron un efecto de la intensidad lumínica en el crecimiento de la baya, acumulación de azúcar, málico, TA, antocianos, fenoles totales y amonio (Smart et al., 1985). En estos experimentos, las temperaturas de las bayas fueron mayor en los tratamientos de alta intensidad lumínica que en los racimos sombreados, por lo que no está claro si el grado de diferencias observadas en la composición del fruto fueron debidas a la luz o a la temperatura.

Otros estudios proponen que el UV tiene solo relación indirecta sobre distintas características de desarrollo de la vid, sugiriendo que la mayor o menor incidencia de radiación afectaría directamente la temperatura a la que están expuestos los racimos y por tanto la mayor velocidad de acumulación de sólidos solubles en pulpa.

Lo cierto es, que la luz y la temperatura, en la mayoría de los casos, en una zona de escasa nubosidad como es Mendoza, tienen efectos conjuntos, pero, ante un aumento de la temperatura como consecuencia de una mayor luminosidad, la temperatura resulta más determinante que la luz, pero ésta última más estable, si bien varía la acumulación o dosis diaria a lo largo del ciclo anual, a lo largo del tiempo, sin mostrar tantas variaciones como sí lo hace la temperatura, que depende de los procesos de circulación atmosférica, que introducen una mayor variabilidad.

Tanto un aumento en la radiación solar incidente, en este caso en el rango UV, como un consistente aumento en las temperaturas medias a lo largo de los años pueden explicar los cambios observados del tenor azucarino en ambas variedades para una misma zona de estudio.

A su vez, varios estudios han indicado al ácido abscísico (ABA) como el responsable, en gran parte, de la regulación de la respuesta de las plantas a factores bióticos y abióticos por el control que ejerce sobre mecanismos fisiológicos y bioquímicos de la misma.

Estimula la inversión acida, los transportadores de hexosas y la degradación de vacuolas invertidas que juegan un papel importante en la acumulación de hexosas. De hecho, se ha demostrado que el ABA cumple un rol importante en el control del desarrollo de la vid, activando su maduración. El ABA aumenta sus niveles en el invierno y disminuye hacia fines de madurez, aumentando la acumulación de azúcares y fenoles y disminuyendo el crecimiento de la uva y el contenido de azúcar por uva, sin afectar la concentración de azúcares total al momento de cosecha. En síntesis, el ABA es quien regula la respuesta de la planta al UV, aumentando los monosacáridos (glucosa y fructosa) en invierno y disminuyendo su velocidad de acumulación, quedando la concentración de azúcares sin ser afectada (Berli F. & Bottini R., 2013).

Se concluye de esta manera que, si bien existen varias opiniones respecto a cuáles podrían ser los efectos cuantitativos directos del UV sobre la composición de las bayas en especial sobre el contenido azucarino, según nuestros resultados, el UV participa en la varianza total con un 47% de la variabilidad explicada para Malbec y un 22% de la variabilidad explicada para Cabernet Sauvignon.

Malbec	Varianza Explicada	Cabernet Sauvignon	Varianza Explicada
UV - Diciembre	22%	UV - Diciembre	22%
UV - Enero	5%		

UV- Febrero	20%		
UV Total	47%		22%

Tabla 4: *Varianzas explicadas parciales y totales por UV sobre el contenido azucarino final de la baya.*

Trabajos extensivos con Cabernet Sauvignon cultivados en cámaras de crecimiento demostraron que la sensibilidad del desarrollo y madurez de la baya a la temperatura cambiaba con el periodo de crecimiento. Las temperaturas muy altas durante la etapa de crecimiento y madurez de las bayas generalmente disminuyen los °Brix, debido a una mayor demanda de azúcares que serán respirados en combinación con una disminución en la tasa de fotosíntesis.

Entre 10-30°C el crecimiento aumenta con la temperatura. El óptimo se sitúa alrededor de 25-30°C y, por encima de los 30-32°C el crecimiento se ralentiza (A. Reynier, 2005)

Los resultados de este trabajo mostraron efectos importantes de las variables Tmax, Tmin y UV para el mes de Diciembre donde sus coeficientes fueron altos tanto para Malbec como para Cabernet Sauvignon.

En el caso de Tmax, ésta tuvo una fuerte relación inversa para el mes de Diciembre, seguida por una relación inversa débil para Enero, finalmente ejerciendo un efecto positivo para el mes de Febrero. En ambas variedades, la participación de la Tmax sobre la varianza total fue de un 24% y 17% para Malbec y Cabernet Sauvignon respectivamente.

Malbec	Varianza Explicada	Cabernet Sauvignon	Varianza Explicada
Tmax- Diciembre	15%	Tmax - Diciembre	17%
Tmax- Enero	0%		
Tmax-Febrero	9%		
Tmax Total	24%		17%

Tabla 5: *Varianzas explicadas parciales y totales por Tmax sobre el contenido azucarino final de la baya.*

En el caso del UV para Malbec, éste acompañó la misma tendencia que Tmax en el mes de Diciembre para ambas variedades, no así en los dos meses siguientes en donde sus efectos fueron de menor intensidad pero positivos en Enero y negativos en Febrero.

La Tmin mostró un fuerte efecto positiva para Diciembre en Malbec y levemente más suaves para los meses de Enero y Febrero, afectando el tenor azucarino final en un 29% de su varianza total para Malbec y en un 21% para Cabernet Sauvignon.

Malbec	Varianza Explicada	Cabernet Sauvignon	Varianza Explicada
Tmin-Diciembre	19%	Tmin-Diciembre	16%
Tmin-Enero	5%	Tmin-Enero	6%
Tmin-Febrero	6%		
Tmin Total	29%		21%

Tabla 6: *Varianzas explicadas parciales y totales por Tmin sobre el contenido azucarino final de la baya.*

En general, los °Brix aumentan levemente con un aumento de la temperatura hasta los 30 °C y su sensibilidad es mayor en etapas de crecimiento que durante los estadios finales de maduración.

La floración corresponde a la expansión de la flor por la apertura (dehiscencia) de la corola, que seca y cae. Se produce generalmente en el mes de Diciembre, momento en el cual la iluminación cumple un rol fundamental en la iniciación de las inflorescencias. La temperatura tiene una influencia cuantitativa en la iniciación de las inflorescencias, favoreciendo el metabolismo general de la cepa, el crecimiento de los pámpanos y la organogénesis de las yemas (Tmínima 15°C)(A Reynier, 2005).

Los resultados de este trabajo demuestran relaciones inversas entre las temperaturas máximas y el tenor azucarino final en dicho mes, posiblemente debido a la pérdida de eficiencia en la fotosíntesis por ralentización de la misma y, quizás también, a los efectos de stress hídrico que puedan afectar la cantidad y calidad de las flores y, por lo tanto, el de las futuras bayas.

La acumulación de azúcares comienza con mayor velocidad e intensidad luego del envero, que en Malbec se produce a mediados o fines de Enero y para Cabernet Sauvignon a principios de Febrero. Si bien se puede determinar una fecha media para cada etapa del ciclo fenológico de la vid, ésta varía en cuanto al lugar, la variedad y las condiciones climáticas del año.

Malbec es una variedad temprana-media que tiene como fecha media de madurez los primeros días de Marzo comparándola con cepas de Cabernet Sauvignon que maduran tardíamente, alrededor del 15 de marzo.

El principio de la maduración sucede normalmente después de la parada de crecimiento de los pámpanos, donde la planta se caracteriza por una fotosíntesis intensa, una respiración moderada y, una migración importante de azúcares a los órganos que tienen función de almacenamiento de reservas: los racimos, sarmientos y sistema radicular.

El envero corresponde a una acumulación brusca e importante de azúcares en las bayas, acompañada de un cambio en el color. Este enriquecimiento rápido es el resultado de una modificación del sentido de las migraciones, en donde, por una parte, los productos de la fotosíntesis cesan temporalmente su circulación descendente y se dirigen únicamente hacia los racimos y, por otra, las reservas en azúcares (sacarosa y principalmente almidón) de la madera y del sistema radicular son movilizados también hacia los frutos.

Glucosa y fructosa se acumulan en la baya. Los tenores crecen en función de la fotosíntesis, por ello los climas cálidos dan uvas más ricas en azúcares. Su acumulación termina cuando comienza la sobre madurez (se cortan los envíos a través del floema). Con el avance de la madurez, la acidez rápidamente baja a 6-7 g.L-1. Los ácidos más importantes, el tartárico y el málico, son “respirados” o destruidos por la respiración celular. Cuanto más cálido es el verano (temperaturas medias máximas superiores a los 30 grados) mas disminuye el acido málico; incluso algo de este acido es transformado en azúcar al final de la maduración. Conjuntamente, hay un aumento aparente en la concentración de los componentes de la pulpa, especialmente de los azúcares por deshidratación. La generalidad indica que las bayas pierden peso gradualmente al estar expuestas a mayores radiaciones producto de las altas temperaturas que experimentan, afectando la división y elongación celular, o bien, aumentando la transpiración del fruto, con la consecuente deshidratación de la baya (Crippen y Morrison, 1986).

Cuando inicia el envero empieza una verdadera ganancia de SST, desde 9,76 °Brix cuando se han acumulado desde 486,8 hasta 664,2 GDC con $20,1 \pm 0,59$ °Brix, a partir de este momento la acumulación fue más lenta hasta llegar a la madurez de cosecha con $23,3 \pm 0,24$ °Brix y una acumulación de 800,6 GDC (Almanza Merchán, PJ, 2011)

Los resultados mostraron relaciones positivas para las variables de temperatura en el mes de Febrero para la variedad Malbec, posiblemente debido a que la vid se encuentra en pleno proceso de maduración y tanto las temperaturas como la insolación lo acompañan. Por otro lado, para la variedad Cabernet Sauvignon, ninguna de sus variables fue significativa para este mes.

Las temperaturas mínimas tienen un papel importante durante el crecimiento y maduración de las bayas, pudiendo provocar atrasos en la floración y cuajado y, consecuentemente, una cosecha más tardía. Las heladas de primavera pueden causar la pérdida de toda o parte de la cosecha de las viñas adultas y la destrucción de numerosas plantas en viñedos jóvenes. Por otro lado, las temperaturas mínimas en enero, durante la noche, son fundamentales para un envero rápido y homogéneo, permitiendo que la vid continúe con su actividad fotosintética sin interrupción, incrementando la acumulación de sólidos solubles, polifenoles y la concentración de aromas y sabores en bayas.

Según Westwood (1982) este valor, depende de la variedad y está comprendida en el rango de 150 a 1200. En general la acumulación de horas frío, se da bajo temperaturas medias diarias inferiores a 10 °C (Martínez de Toda, 1991). Mientras que Rivera y Devoto (2003) mencionan que estas temperaturas son inferiores a 7°C. Los requerimientos de frío en la vid son inferiores a los de la mayoría de frutales caducifolios y la acumulación depende de los factores climáticos de cada localidad. La falta de acumulación de horas frío produce brotación reducida, despereja y retraso en la maduración de frutos (Pinto et al., 2003).

Los resultados de este trabajo mostraron relaciones positivas para los tres meses en Malbec y, para Diciembre y Enero en Cabernet, no siendo significativa para dicha variedad en el último mes.

En términos generales, ambas variedades presentaron ajustes altos, Malbec, $R^2Aj=0,57$ y Cabernet Sauvignon, $R^2Aj=0,51$, demostrando la fiabilidad del modelo y los efectos cuantitativos directos que los parámetros climáticos analizados tienen sobre el tenor azucarino de la vid.

3. Conclusiones

El tenor azucarino en uvas de variedad Malbec y Cabernet Sauvignon en Mendoza demuestra estar significativamente relacionado con los valores medios de temperatura máxima, mínima y UV, a lo largo de los años estudiados, debido a los distintos procesos que ocurren en la fisiología de la planta. Si bien sus relaciones no fueron simultáneas y con la misma intensidad en cada etapa, todas tuvieron sus efectos cuantitativos directos sobre la concentración de azúcares final, con alguna excepción en Cabernet.

En Malbec, la temperatura media máxima (T_{max}) explicó el 15% de la varianza presentando en general una relación inversa fuerte para el mes de Diciembre, una relación inversa débil para el mes de Enero, con una varianza explicada del 0.4% y, finalmente una relación débil y positiva para el mes de Febrero con una varianza explicada del 9%. En tal sentido, se confirma una asociación positiva para los meses en donde entra en maduración, donde la acumulación de azúcares aumenta mayormente en forma de glucosa y fructosa. En el caso de Cabernet Sauvignon, la T_{max} participó en Diciembre con un 17% de la varianza explicada.

La importancia relativa del UV para Malbec fue del 22% , 5% y 20% para Diciembre, Enero y Febrero respectivamente y, del 21% para Cabernet Sauvignon en Diciembre. Se observó una relación fuerte y negativa para el mes de Diciembre para ambas variedades, positiva para Enero y negativa nuevamente en Febrero para Malbec. Generalmente, los efectos del UV suelen ir de la mano con los de la T_{max} , pero en este caso, UV en el mes de Enero tuvo un efecto positivo sobre el tenor azucarino final, posiblemente debido a que es en este momento en donde la fotosíntesis aumenta intensamente para proveer las reservas de azúcares para una correcta maduración.

Las T_{min} mostraron un efecto positivo en todo el período estudiado con un 19% de la variabilidad explicada para Diciembre, 5% para Enero y 6% para Febrero en Malbec y, un 16% de la variabilidad explicada para Diciembre y un 6% para Enero en Cabernet Sauvignon. La vid requiere acumular horas frío que le permitan pasar de una etapa a la otra, como también, que los procesos ocurridos durante dichas etapas se cumplan de manera uniforme y sostenida en el tiempo. Tanto la floración como el envero y el principio de la maduración requieren temperaturas mínimas para cumplir dichos objetivos.

Malbec mostró ser una variedad más susceptible a los cambios en las variables climáticas que Cabernet Sauvignon, con una varianza explicada del orden del 99% para Malbec y del 60% para Cabernet Sauvignon. Los resultados demuestran que Malbec define, en gran medida, su tenor azucarino, en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, mientras que Cabernet Sauvignon sólo mostró depender, en mayor medida, del mes de Diciembre.

En los últimos años, se está observando con mayor intensidad que las horas de calor que la vid necesita para completar su ciclo se están acortando y se están produciendo cosechas anticipadas, existiendo a determinada fecha un contenido de azúcar en la uva listo para cosechar que no se correlaciona con la madurez necesaria en materia, colorantes, polifenoles y aromas. Esto podría estar relacionado con ciertos eventos que están sucediendo con más frecuencia, como las exposiciones de los cultivos a temperaturas superiores a los 35°C en periodos que superan los cinco días y aumentos de las temperaturas medias mínimas y máximas y una mayor insolación en general. Los resultados de este trabajo concuerdan con estudios realizados por Aruani, C, 2011, en donde concluye que, para el período 1993-2009 en Mendoza Centro, en general, las cosechas se han realizado cada vez más tempranamente y con mayores tenores azucarinos, siendo los períodos de cosecha cada vez más cortos. Entendiendo la importancia relativa que tiene cada variable climática sobre el tenor azucarino total, y por tanto, sobre la calidad final de los vinos, es importante entender cuan expuesta está la viticultura a riesgos relacionados con las fluctuaciones y cambios del clima a corto y a largo plazo.

- **Bibliografía**

Agosta, E. A. y R.H. Compagnucci, 2008a: The 1976/77 Austral Summer Climate Transition Effects on the Atmospheric Circulation and Climate in southern South America. *Journal of Climate*. DOI: 10.1175/2008JCLI2137.1.

Agosta, E.A., M.A. Cavagnaro y P.O. Canziani, 2009. Principales factores climáticos asociados al rendimiento de vid en Mendoza durante las últimas tres décadas. Póster en “XIII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología (CLIMET XIII)” y “X Congreso Argentino de Meteorología” (CONGREGMET X). 5 al 9 de octubre de 2009, Buenos Aires, Argentina.

- Almanza Merchán, Pedro José, 2011.** Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis vinifera*L.) bajo condiciones de clima frío tropical. Tesis doctoral.
- Aruani, C, 2011.** Cambio climático y vitivinicultura en Argentina: Evaluación de la situación actual y proyecciones futuras, en base a datos empíricos y opiniones de los distintos sectores de la industria.
- Bergqvist, J.; Dokoozlian, N.; Ebisuda, N., 2001.** Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet sauvignon and Grenache in the central San Joaquin valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* 52 (1): 1-7.
- Berli F, D'Angelo J, Cavagnaro B, Bottini R, Wuilloud R, Silva MF. 2008.** Phenolic composition in grape (*Vitis vinifera* L. cv. Malbec) ripened with different solar UV-B radiation levels by capillary zone electrophoresis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 2892-2898.
- Berli F, Moreno, D, Piccoli, P, Hespagnol-Viana, L, Silva, M, F, Bressan Smith, R, Cavagnaro, JB, Botinni, R, 2009** -Abscisic acid is involved in the response of grape *Vitis vinifera* L. cv. malbec leaf tissues to ultraviolet-B radiation. *Plant, Cell and Environment* (2010) 33, 1–10.
- Berli F, Fanzone, M, Piccoli, P, Bottini, R, 2009.** Solar UV-B and ABA are involved in phenol metabolism of *Vitis vinifera* L. increasing biosynthesis of berry skin polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- Berli F, Bottini, R, 2013.** UV-B and abscisic acid effects on grape berry maturation and quality. *Journal of Berry Research* 3 (2013) 1–14.
- Berli F, 2011.** Respuesta de *Vitis Vinifera* L. CV. Malbec a UV-B y ABA. Tesis doctoral.
- Butrose, M. 1974.** Climatic factors and fruitfulness in grapevines. A review. *Hort. Abstr* 44, 319-326.
- Canavos G.C. 2003.** Probabilidad y Estadística. Mc Graw-Hill, Madrid, 651pp.
- Compagnucci R.H., E.A. Agosta, M.W. Vargas, 2002:** Climatic Change and Quasi-Oscillations in Central-West Argentina Summer Precipitation. Main Features and Coherent Behaviour with Southern African Region. *Climate Dynamics*, 229pp.
- CARRASCO-RIOS, Libertad.** Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *Idesia*, Arica, v. 27, n. 3, dic. 2009.
- Ebbesmeyer C.C., Cayan D.R., McLain D.R., Nichols F.H., Peterson D.H. and Redmond T. 1991:** 1976 Step in the Pacific Climate: Forty environmental changes between 1968-1975 and 1977-1984. Proceeding of the 7th Annual Pacific Climate PACLIM, Workshop, April 1990, Eds. Betancourt, J.L. y V.L. Tharp, Californian Dep. of Water Resources, Interagency Ecological Studies Program, Tech. Rep. 26, 115-126.
- Gil, Gonzalo F. y Pszczółkowski, P, 2007:** Viticultura. Fundamentos para optimizar producción y calidad – Colección en Agricultura – Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal – Universidad Católica de Chile, 127-132pp
- Grimm, A.M., Sahai, A.K., Ropelewski, C.F. 2004:** Long-term variations in the performance of climate models. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia.
- Hale, C.R.; Butrose, M.S. (1974)** Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera*L. Cv: Cabernet sauvignon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(5):390-394.
- Kolb CA, Käser MA, Kopecky J, Zotz G, Riederer M, Pfündel EE. 2001.** Effects of natural intensities of visible and ultraviolet radiation on epidermal ultraviolet screening and photosynthesis in grape leaves. *Plant Physiology* 127: 863-875.

- Koyama K, Ikeda H, Poudel PR, Goto-Yamamoto N. 2012.** Light quality affects flavonoid biosynthesis in young berries of Cabernet Sauvignon grape. *Phytochemistry* **78**: 54-64.
- Luccini, E, Cede, A, Piacentini, R, Villanueva, C, Canziani, P. 2006.** UV Index and erythral daily dose climatologies over Argentina from TOMS and SSE data.
- Mark Weber1, John P. Burrows1 and Richard P. Cebula2, 1997.** Gome Solar UV/VIS Irradiance measurements between 1995 and 1997 – First results on proxy solar activities studies.
- Mariana Gil, Mariela Pontin, Federico Berli, Rubén Bottini, Patricia Piccoli. 2012.** Metabolism of terpenes in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) leaf tissues to UV-B radiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, 25-31pp.
- Núñez-Olivera E, Martínez-Abaigar J, Tomás R, Otero S, Arróniz-Crespo M. 2006.** Physiological effects of solar ultraviolet-B exclusion on two cultivars of *Vitis vinifera* L. from La Rioja, Spain. *American Journal of Enology and Viticulture* **57**: 441-448.
- Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), 2007:** Situación y estadísticas del sector vitivinícola mundial.
- Rosier, J. P.; Briguenti, E.; Schuck, E; Bonin, V. 2004.** 2Comportamento da variedades Cabernet Sauvignon cultivada em vinhedos de altitude em São Joaquim” - SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 2004, Florianópolis. Anais... 2004.
- Schultz HR, Löhnertz O, Bettner W, Bálo B, Linsenmeier A, Jähnisch A, Müller M, Gaubatz B, Váradi G. 1998.** Is grape composition affected by current levels of UV-B radiation? *Vitis* **37**: 191-192.
- Schultz HR. 2000.** Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research* **6**: 2-12.
- Steel CC, Keller M. 2000.** Influence of UV-B irradiation on the carotenoid content of *Vitis vinifera* tissues. *Biochemical Society Transactions* **28**: 883-885.
- Smart, R., Smith, S. and Winchester, R. 1988** Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon, Am. J. Enol. Vitic., Vol. 39, No. 3, 1988
- Santibáñez, F. 2002.** Influencia del clima en la producción vitivinícola. En: Tópicos de Actualización en Viticultura y Enología. Editores: Pszczółkowski, Ph., González, A., Horman, G. Pontificia Universidad Católica de Chile. 243 pp.
- Sotés, Vicente, 2003:** Los sistemas vitícolas – Factores Naturales de Producción, España
- Zhang, Y., J.M. Wallace and D.S. Battisti, 1997: ENSO-like Interdecadal Variability: 1900-93. *Journal of Climate*, Vol. 10, 1004-1020.
- <http://www.fca.uncu.edu.ar/index.php/carreras-de-posgrado/maestria-en-viticultura-y-enologia/tesis>
- <http://www.gcrio.org/ozone/chapter1.pdf> (el paper)
- http://www.temis.nl/uvradiation/info/papers/salzburg_paper.pdf
- <http://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/bitstream/2440/58582/2/02main.pdf>
- <http://www.bdigital.unal.edu.co/4366/1/797009.2011.pdf>
- <http://www.plantphysiol.org/content/127/3/863.full>
- <http://www.monografias.com/trabajos27/regresion-simple/regresion-simple.shtml>
- <http://www.extension.org/pages/33025/an-introduction-to-environmental-influences-on-ripening-in-grapes:-focus-on-wine-grapes-and-phenolics>
- http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292009000300009&script=sci_arttext

http://www.iup.uni-bremen.de/UVSAT_material/papers/weber_sp1997.pdf

<http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html>

http://www.temis.nl/uvradiation/archives/overpass/uv_Mendoza_Argentina_ENS.dat

Anexos

Para visualizar algunos elementos de diagnóstico se presentan los gráficos de Residuos estudentizados vs. Predichos en donde se pueden detectar desviaciones de las hipótesis de linealidad y homocedasticidad. estudentizados vs. Predichos.

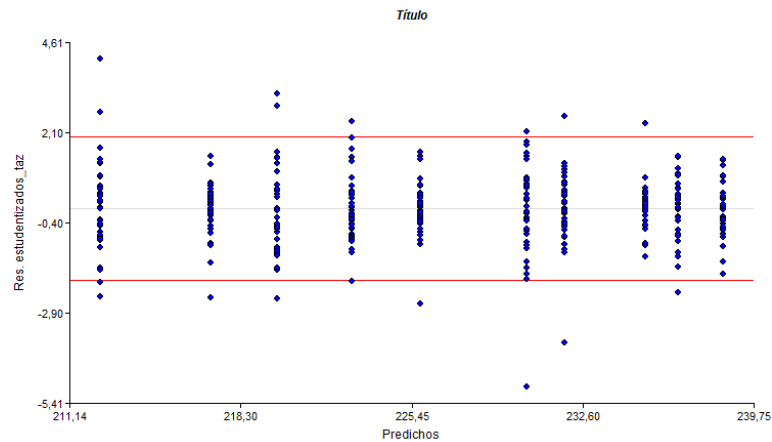


Figura 8: Gráfico de los residuos estudentizados y valores predichos para Malbec (MB).

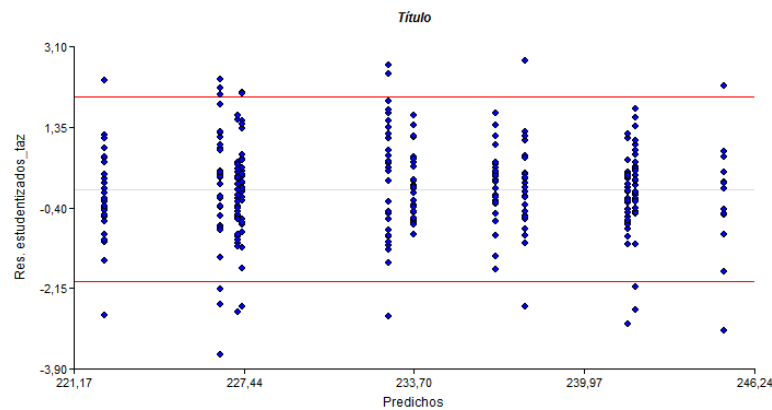


Figura 8: Gráfico de los residuos estudentizados y valores predichos para Cabernet Sauvignon (CS).

En las Figuras 7 y 8 puede observarse que los valores en general se encuentran dentro de las bandas de confianza en forma aleatoria, por lo que se puede considerar que la variación de los residuos es constante y que se verifica la validez del supuesto de homogeneidad de varianzas.

Prueba de Levene con un pvalor=0.0001. Se concluye que hay homogeneidad de varianzas

En cuanto a la validación del supuesto de normalidad se observa en la Figura 2 que los puntos se disponen su mayoría sobre una recta 45° indicando que el supuesto

distribucional para los residuos se cumple. Al realizar la prueba de Shapiro-Wilks (modificada), se concluye que los datos siguen una distribución normal ($p=.32$)

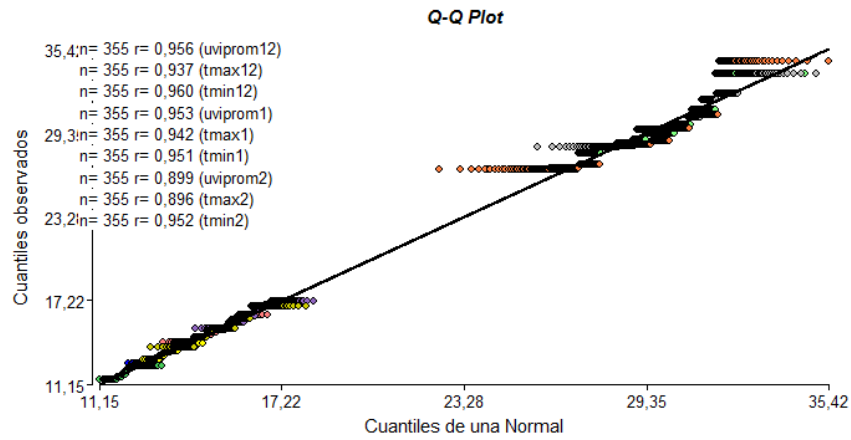


Figura 9: Gráfico Q-Q Plot muestra que los datos se distribuyen normalmente para la variedad Malbec (MB).

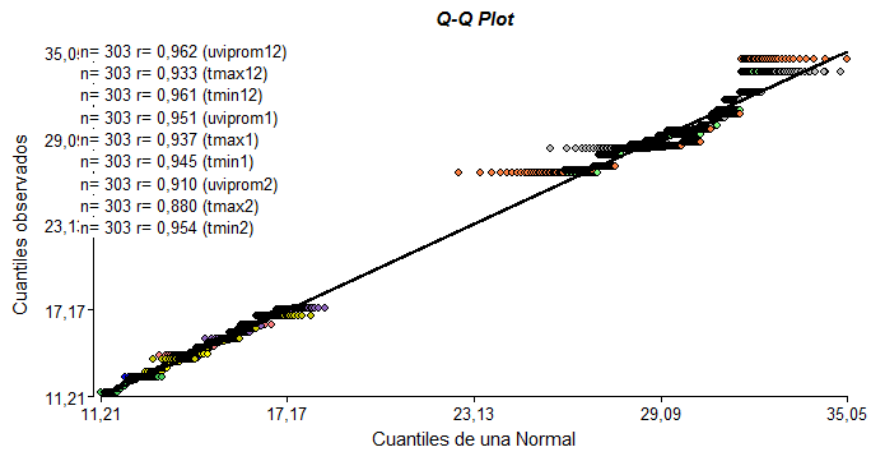


Figura 10: Gráfico Q-Q Plot muestra que los datos se distribuyen normalmente para la variedad Cabernet Sauvignon (CS).



Tabla 4: Datos de Temperatura máxima, Temperatura mínima y UVI promedios mensuales.

AÑO	1998	1999	2000	2001	2002	2005	2006	2007	2009	2010
TAZ-MB	215,36	223,20	223,29	221,99	227,80	237,07	240,64	235,27	243,83	240,62

TAZ-CS	223,79	231,57	225,53	228,64	230,47	235,60	239,88	238,98	247,41	243,51
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabla 5: Valores promedio anuales de tenor azucarino para las variedades Malbec y Cabernet Sauvignon, Lujan de Cuyo, Mendoza.