

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**RESPUESTA VEGETATIVA Y PRODUCTIVA DE *Vitis vinifera* L. cv Tannat A
LA PRÁCTICA DE DESHOJADO EN DIFERENTES MOMENTOS
FENOLÓGICOS DEL CICLO**

por

Vicente CURBELO RIAL

**Trabajo final de grado presentado
como uno de los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

2025

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra
Derivada**”.



Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Mag.) Julia Salvarrey

Tribunal:

Ing. Agr. (Mag.) Julia Salvarrey

Ing. Agr. (Dra.) Mercedes Fourment

Ing. Agr. (Dr.) Diego Piccardo

Fecha:

29 de mayo de 2025

Estudiante:

Vicente Curbelo Rial

Agradecimientos

A mis padres y hermanos que me han apoyado a lo largo de mi carrera, a mis amigos y compañeros que me han ayudado y motivado en este trabajo. A Jovana por sacarme de varios apuros.

A Julia Salvarrey, Mercedes Fourment y Milka Ferrer por el apoyo constante y la oportunidad de realizar este trabajo, lo que significó un crecimiento importante en mi desarrollo profesional.

Al establecimiento Juanicó por poner el viñedo a disposición para la elaboración del trabajo de campo.

Tabla de contenido

Página de aprobación	3
Agradecimientos	4
Lista de tablas y figuras.....	8
Resumen	10
Summary	11
1. Introducción	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1. Objetivo general.....	13
1.1.2. Objetivos específicos.....	13
1.2 Hipótesis	13
2. Revisión bibliográfica	14
2.1. Historia del Tannat a nivel nacional.....	14
2.2. Crecimiento y desarrollo (vegetativo y reproductivo)	15
2.2.1. Ciclo anual de la vid.....	15
2.3. Crecimiento, desarrollo y composición de la baya	18
2.3.1. Crecimiento y desarrollo	18
2.3.2. Composición	19
2.4. Factores ambientales	22
2.4.1. Índices bioclimáticos.....	22
2.4.2. Temperatura	24
2.4.3. Humedad relativa	26
2.4.4. Disponibilidad hídrica	26
2.5. Microclima de la Canopia.....	28
2.6. Gestión del follaje	29

2.6.1. Deshojado	30
2.6.2. Rendimiento y sus componentes (compacidad e indicadores fisiológicos)	34
3. Materiales y métodos.....	37
3.1. Caracterización de la parcela experimental	37
3.2. Tratamientos y diseño experimental.....	37
3.3. Caracterización climática del año en estudio.....	39
3.3.1. Cuantificación de las variables macroclimáticas	39
3.3.2. Índices bioclimáticos.....	39
3.3.3. Cuantificación del microclima de la Canopia.....	41
3.4. Evaluaciones del crecimiento vegetativo y el rendimiento y estimación de indicadores fisiológicos.....	42
3.4.1. Crecimiento vegetativo.....	42
3.4.2. Rendimiento y sus componentes en cosecha	43
3.4.3. Índices de respuesta fisiológica	43
3.4.4. Composición de la uva en cosecha.....	44
3.5. Evaluaciones	45
3.6. Análisis estadístico	45
4. Resultados	47
4.1. Índices bioclimáticos	47
4.1.2. Índice de frescor nocturno (IF)	47
4.1.3. Índice de sequía (IS).....	48
4.2. Caracterización macroclimática de la zona de estudio.....	48
4.3. Caracterización climática del año (2018-2019)	49
4.4. Caracterización microclimática de la Canopia	50
4.4.1. Evolución de la temperatura y la humedad relativa	50
4.4.2. Potencial hídrico foliar de base.....	53

4.5. Efecto de los tratamientos en variables de respuesta agronómica	56
4.5.1. Superficie foliar expuesta potencial	56
4.5.2. Rendimiento y componentes.....	56
4.5.3. Compacidad del racimo	57
4.5.4. Índices fisiológicos.....	58
4.6. Composición de la baya en cosecha	60
4.6.1. Metabolitos primarios.....	60
4.6.2. Metabolitos secundarios	61
4.7. Componentes principales.....	61
5. Discusión	63
5.1. Caracterización microclimática.....	63
5.2. Caracterización microclimática de la Canopia	63
5.3. Influencia del deshojado en la expresión vegetativa.....	64
5.4. Influencia del deshojado en el rendimiento y sus componentes	65
5.5. Influencia del deshojado sobre los índices de respuesta.....	65
5.6. Influencia del deshojado en la composición química de la baya en cosecha	66
6. Conclusiones	68
7. Bibliografía	70

Lista de tablas y figuras

Tabla	Página
Tabla 1 Descripción de las regiones agroclimáticas y departamentos que se incluyen en cada macro región.....	23
Tabla 2 Índice heliotérmico.....	40
Tabla 3 Índice de frescor nocturno	40
Tabla 4 Índice de sequía.....	41
Tabla 5 Caracterización hídrica.	42
Tabla 6 Escala de descripción del índice de densidad	43
Tabla 7 Evaluaciones	45
Tabla 8 Índices bioclimáticos	47
Tabla 9 Caracterización climática de la Canopia.....	51
Tabla 10 Potencial hídrico foliar de base medido durante el ciclo	54
Tabla 11 Superficie foliar expuesta potencial	56
Tabla 12 Componentes del rendimiento por tratamiento	57
Tabla 13 Compacidad del racimo	57
Tabla 14 Índice SFE/Rendimiento y diferencia de medias	58
Tabla 15 Análisis de metabolitos primarios en cosecha.	60
Tabla 16 Análisis de metabolitos secundarios en cosecha.	61
Figura	
Figura 1 Diagrama representativo del crecimiento de las bayas de <i>Vitis vinifera</i> L. ...	19
Figura 2 Regiones vitícolas del Uruguay según sistema de clasificación multicriterio	23
Figura 3 Escala fenológica de la vid ciclo 2018-19.....	38
Figura 4 Tratamientos realizados en cada estado fenológico mostrando antes y después de deshojado.	38
Figura 5 Diseño experimental y distribución de los tratamientos a campo	39

Figura 6 Caracterización climática promedio de los años 1987-2017, de la zona Las Brujas-Canelones	49
Figura 7 Registro climático anual de la zona Las Brujas-Canelones (2018-2019)	50
Figura 8 Evolución horaria de la humedad relativa (%) en maduración, año 2019.	52
Figura 9 Porcentaje de horas según rango de humedad relativa (%) año 2019.....	53
Figura 10 Potencial hídrico foliar de base.....	55
Figura 11 Precipitaciones acumuladas durante el ciclo	55
Figura 12 Frecuencia de clases de compactidad por tratamiento	57
Figura 13 SFE y rendimiento.	59
Figura 14 Índice de Ravaz.....	60
Figura 15 Análisis de los componentes principales (ACP).....	62

Resumen

Durante la zafra 2018-2019 se llevó a cabo un experimento con el objetivo de evaluar la práctica de deshojado como manejo del cultivo, el efecto de eliminar hojas, mediante deshojados manuales realizados en distintos momentos fenológicos durante el ciclo de la vida. Se evaluó su influencia en el microclima del racimo, en la expresión vegetativa de las plantas, los componentes del rendimiento y la composición química de la uva en cosecha. El ensayo se instaló en un viñedo de la variedad Tannat, clon 398, sobre el portainjerto SO4, conducido en espaldera alta con poda guyot bilateral, ubicado en un predio comercial de la localidad de Juanicó, departamento de Canelones. Los tratamientos deshojados se realizaron en prefloración (DPF), cuajado (DC) y envero (DE) y fueron comparados con un testigo sin deshojar (TC). El diseño estadístico fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones y la unidad experimental, se compuso por siete plantas. Los deshojados fueron manuales a nivel de racimos, con una intensidad de 70 % para DPF y de 20 % para DC y DE. El deshojado modificó la distribución de la Canopia, y, por lo tanto, el microclima al que se encuentran expuestos los racimos. Los deshojados lograron una merma en el rendimiento del 20% en comparación al testigo, en cuanto a la compacidad del racimo el DPF logró un menor número de bayas por racimo resultando en racimos menos compactos. La práctica de deshojado logró mejorar el equilibrio vegetativo-productivo de las plantas, las que presentaban un desplazamiento del equilibrio hacia el componente vegetativo. En cuanto a los compuestos de la uva evaluados en cosecha el deshojado en cuajado (DC) favorece la concentración y acumulación de antocianos potenciales y extraíbles respecto al testigo.

Palabras Clave: Tannat, vitivinífera, deshojado

Summary

During the 2018-2019 harvest, an experiment was carried out with the aim of evaluating the effect of leaf removal by the effect of defoliation by manual defoliation at different phenological moments of the grapevine cycle. To evaluate its influence on the microclimate of the cluster, the vegetative expression of the plants, the yield components and the chemical composition of the grapes at harvest were analysed. The experiment was carried out in a vineyard of the cv. Tannat/SO4 (clone 398), with SO4 rootstock, trained on a VSP system (Vertical Shoot Positioned) with bilateral Guyot pruning, located in a commercial vineyard in the town of Juanico, department of Canelones. The defoliation treatments were carried out at pre-flowering (DPF), at fruit set (DC) and at veraison (DE) and were compared with a control without defoliation (TC). The statistical design was a randomised complete block with three replicates and the experimental unit was seven plants. Defoliation was performed manually at the cluster level with an intensity of 70% for DPF and 20% for DC and DE. Defoliation changed the composition of the canopy and thus the microclimate where the bunches were exposed. Defoliation resulted in a 20% reduction in yield compared to the control. In terms of bunch compactness, DPF resulted in fewer berries per bunch, resulting in less compact bunches. The defoliation practice improved the vegetative-productive balance of the plants, which showed a shift towards the vegetative component. With regard to the grape polyphenolic evaluated at harvest, defoliation at fruit set (CD) favoured the concentration and accumulation of potential and extractable anthocyanins compared to the control.

Keywords: Tannat, vitiviniferous, leafless

1. Introducción

De acuerdo a lo establecido por Piccardo (2008), a mediados del siglo XVII colonizadores españoles, portugueses e italianos, implantaron las primeras vides en nuestro país. En ese entonces, la viticultura estaba ligada a la producción de uva de mesa y a la elaboración de vino para consumo familiar. A partir de 1830 fue cuando la viticultura comenzó a difundirse y lentamente empieza a considerarse como un rubro con fines comerciales.

La viticultura nacional se desarrolla en un total de 5.857 hectáreas (Ha) (1.077 viñedos vigentes) concentradas básicamente en el sur del país, de las cuales el 66,6% de la superficie se desarrolla en el departamento de Canelones y el área restante se distribuye en los demás departamentos, principalmente en Montevideo, Colonia, San José y Maldonado, zona que se encuentra en crecimiento hace unos años (Instituto Nacional de Viticultura [INAVI], 2024).

En relación a la producción, en la cosecha del año 2024 se registró un total nacional de 92.977 toneladas de uva, de las cuales un 78% correspondían a variedades tintas y un 22% a blancas. Del total producido un 96% son uvas destinadas a vinificación, principalmente de la variedad Tannat y el restante 4% para consumo en fresco (INAVI, 2024).

La variedad Tannat (*Vitis vinifera* L.) es una variedad de importante consideración a nivel nacional, debido a que se ha aclimatado muy bien a nuestras condiciones ambientales y además presenta muy buena productividad. Es la variedad de uva tinta más plantada, ocupando un total de 26,5% de la superficie nacional y el 27,3% de la producción total de uva (INAVI, 2024).

Las prácticas de manejo del viñedo como el deshojado son una herramienta fundamental para alcanzar los estándares enológicos y productivos apropiados. La calidad de un vino está condicionada por la composición de la uva, la cual depende de interacciones complejas entre diferentes factores de producción, como: climáticos, edafológicos, varietales y de manejo del viñedo (Arrillaga, 2017).

El deshojado es una práctica cultural de manejo de la vegetación del viñedo que muchos viticultores realizan en diferentes momentos del ciclo del cultivo. Su objetivo es mejorar la maduración de las uvas (color y azúcares), favorece el microclima de la zona de los racimos interviniendo en la exposición de los mismos, aumentando la luminosidad,

la temperatura y la aireación, reduciendo la incidencia de enfermedades como podredumbre gris, causada por el agente *Botrytis cinerea* pers. y otras enfermedades fúngicas de relevancia en el viñedo (Arrillaga, 2017).

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la técnica de deshojado realizada en distintos momentos fenológicos del ciclo de la vid, sobre las características microclimáticas de la Canopia y los parámetros vegetativos, productivos y la composición de la uva en el cv. Tannat.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar la incidencia del deshojado en las características microclimáticas de la Canopia.

Evaluar la incidencia del deshojado sobre la expresión.

Evaluar la incidencia del deshojado sobre los componentes del rendimiento y la compacidad del racimo.

Evaluar la incidencia del deshojado sobre la composición de la uva en cosecha.

1.2 Hipótesis

La técnica de deshojado es una práctica que reduce el número de hojas fotosintéticamente activas, estando condicionada por el momento fenológico y la intensidad, con la que se realiza.

Los deshojados modifican el microclima de la Canopia en función del momento fenológico e intensidad con que se realizan, puede influir en los parámetros productivos y la composición química y física de la baya.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Historia del Tannat a nivel nacional

La variedad de uva Tannat es originaria de la región suroeste de Francia (Maridan), cultivada en los Pirineos Atlánticos. La introducción de esta cepa a Uruguay la lleva a cabo Don Pascual Harriague, hace más de 130 años (1878) en el departamento de Salto (Álvarez, 1909).

Según INAVI (2024) la superficie de viñedos implantados con la variedad Tannat es de 1555 Ha (26,5% de la superficie nacional), su contribución a la producción es muy importante con 25.422 toneladas (27,4% de la producción total de uva), con una productividad promedio de 16.351 Kg/Ha y 4,5 Kg/Pl. Esta variedad puede ser categorizada como una de las más productivas a nivel nacional junto con Ugni Blanc y Moscatel de Hamburgo.

En la década de los noventa y atravesando una coyuntura regional de apertura comercial definida por la creación del Mercosur en 1991, el gobierno nacional promulga en 1993 el decreto 58/993 en el marco del primer Plan de Reconversión Vitivinícola impulsado y promovido por el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP). El cometido principal de dicho plan fue mejorar la calidad de la producción y contribuir a la generación de competitividad del producto nacional en el mercado interno y la región. Durante este período se propone la sustitución de variedades de bajo potencial enológico por variedades de origen europeo. Desde el año 1992 la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (Udelar) había lanzado un proyecto de investigación para promover a la variedad Tannat como estrategia para la reconversión del sector Vitivinícola por considerarse el cultivar más adaptado a las condiciones de nuestro país. (Ferrer et al., 1995).

La variedad Tannat se considera la más adaptada a las condiciones climáticas de nuestro país, siendo reconocida como la cepa insignia del Uruguay, ya que produce vinos con gran tipicidad y originalidad gracias a su notable potencial enológico (González-Neves et al., 2004). Estudios realizados por Ferrer et al. (2011) y Echeverría (2017) en diferentes regiones del territorio nacional muestran que Tannat presenta diferencias significativas en comportamiento agronómico, reflejadas en la composición del producto que se obtiene de la misma cepa en diferentes regiones agroclimáticas. Estudios

realizados por González-Neves (2005) establecen el potencial fenólico de Tannat frente a otras variedades tintas clásicas como Cabernet Sauvignon y Merlot.

2.2. Crecimiento y desarrollo (vegetativo y reproductivo)

2.2.1. Ciclo anual de la vid

El ciclo anual de la vid se describe morfológicamente mediante estados fenológicos. La observación de estas etapas fenológicas son claves para el éxito de la gestión del viñedo (Carbonneau & Torregrosa, 2020; Van Leeuwen et al., 2019). El ciclo se divide en un período vegetativo y dos períodos reproductivos. La producción de racimos se extiende durante dos años, las yemas inducidas en el año 1, dan lugar a las inflorescencias en el año 2 (Keller, 2020).

La brotación, marca el inicio del crecimiento vegetativo en la primavera, en el hemisferio sur (setiembre-octubre). En la vid se toma como temperatura base 8-10° C, ya que a temperaturas por debajo de éstas la planta presenta muy baja actividad metabólica, con variaciones entre especies y cultivares (Parker et al., 2015). El crecimiento de los brotes depende totalmente de las reservas almacenadas en troncos y raíces, hasta que las hojas se vuelvan fotosintéticamente activas y puedan producir y exportar azúcares. Las hojas pasan de la transición fosa (demandante de fotoasimilados) a fuente (productora de fotoasimilados), a los 40 días aproximadamente luego del desborre, alcanzando así, la madurez fotosintética (Keller & Tarara, 2010). A nivel planta, el intercambio de fotoasimilados evoluciona con el crecimiento vegetativo y el desarrollo de los racimos. Cabe destacar dos etapas cruciales en el ciclo para la translocación de fotoasimilados, por un lado, la floración y el cuajado, etapa de crecimiento activo (nuevas fosas de consumo de compuestos carbonados y nitrogenados) consumiendo las reservas. Por otro lado, el envero, etapa que corresponde a un cambio repentino en la demanda de la uva, lo que favorece el almacenamiento de carbono por una detención de consumo de fotoasimilados, en general, el crecimiento vegetativo se ralentiza en ese momento (Carbonneau & Torregrosa, 2020).

El pasaje de crecimiento vegetativo a reproductivo se le denomina transición floral y se realiza en dos etapas controladas genéticamente. La primera etapa es la transformación del meristema vegetativo en inflorescencia o inducción, es un proceso fisiológico donde se determina un cambio interno del meristema hacia la formación de la inflorescencia, comenzando en la primavera del año anterior junto con la floración. La

segunda etapa, es la transformación de la inflorescencia a meristema floral o diferenciación de las flores, este proceso morfológico ocurre en la primavera actual. El ciclo reproductivo está marcado por sucesos fisiológicos, los cuales están controlados por factores genéticos, hormonales e influenciados por factores externos (como el clima, el manejo, entre otros). La productividad de la vid (crecimiento, desarrollo y composición de la uva) depende principalmente de la actividad fotosintética de la Canopia, integrada a lo largo del período vegetativo. Dentro de los factores externos, la temperatura y la luz presentan efectos en la síntesis y en las respuestas hormonales (Keller, 2020). La etapa reproductiva comienza con la floración, proceso que ocurre aproximadamente 60 días después de iniciada la brotación, cuando las temperaturas medias diarias superan los 18 °C. Las condiciones climáticas óptimas para la floración y el cuajado son temperaturas entre 21-25 °C, disponibilidad hídrica, humedad relativa y la duración de este proceso demora entre 10 a 15 días (Galet, 2000).

Las diferencias en la variación de la etapa de floración en el viñedo pueden atribuirse a dos causas principales. La primera son las variaciones en las etapas de desarrollo de las flores individuales; la segunda puede surgir en cualquier momento durante el desarrollo de la flor, en respuesta a factores ambientales hasta poco antes del día de la antesis, y también puede tener un componente genético (McIntyre et al., 1982). Estas diferencias se reflejan en la floración, el número de racimos y/o el número de flores por racimo. Además, las variaciones dentro y entre las vides de un viñedo pueden verse acentuadas o mitigadas por el clima, en particular por la temperatura y las precipitaciones durante el período de floración (Galet, 2000). Generalmente la floración se retrasa en condiciones climáticas frías y húmedas (Winkler et al., 1974).

El momento y la duración de la floración también pueden verse afectados por la disponibilidad de carbohidratos, tanto almacenados como generados en el ciclo. A menudo se observa cierto grado de variabilidad en el rendimiento de la vid. Perold (1927) señaló que los rendimientos pueden ser inferiores a lo esperado si el rendimiento de la temporada anterior fue alto. Esto sugiere que las reservas de carbohidratos en los troncos y raíces de las vides desempeñan un papel importante en la determinación del potencial de rendimiento.

La abscisión floral ocurre de manera natural en los viñedos y depende tanto del cultivar como del número de flores en la inflorescencia (Huglin & Schneider, 1998; Sawicki et al., 2015). Se ha encontrado una relación inversa entre el número de flores por

racimo y el porcentaje de cuajado. Los investigadores concluyeron que, incluso después de determinar el número de racimos y flores, el cuajado ofrece una oportunidad adicional para regular la planta, ajustándolo a los recursos disponibles (Vasconcelos & Castaglioni, 2000). Los racimos florales actúan como débiles sumideros de asimilados y las puntas vegetativas en crecimiento compiten con las inflorescencias por el carbono disponible (Hale & Weaver, 1962).

El cuajado de frutos se puede mejorar eliminando oportunamente las puntas de crecimiento competidoras del brote principal y de los brotes laterales en desarrollo (Candolfi-Vasconcelos et al., 1994; Vasconcelos & Castaglioni, 2000). Si bien el suministro de carbohidratos a la inflorescencia puede provenir de las reservas y/o de la fotosíntesis de las hojas e incluso de la propia inflorescencia, los investigadores concluyen que la hoja es la principal fuente de fotoasimilados para la inflorescencia en desarrollo (Lebon et al., 2004).

La defoliación o deshojado de la vid durante la etapa de floración o poco antes de la misma, puede provocar un cuajado deficiente y un aborto de los frutos (Candolfi-Vasconcelos et al., 1994; Coombe, 1962; Verdenal et al., 2024).

Otro factor importante y que a lo largo de los años se han propuesto diferentes teorías es la polinización de la vid, que abarca desde la polinización por insectos hasta la polinización obligatoria por el viento y la autopolinización (Pratt, 1971). Las opiniones más recientes sugieren que la autopolinización es importante y a menudo ocurre antes de la caída de la caliptra (cleistogamia). También se ha observado que la polinización cruzada puede llevar a una mejor formación de semillas en las bayas (Deloire et al., 2005). Por otra parte, Staudt (1999) informó que entre el 25% y el 35% del polen de Muller-Thurgau y Pinot Noir ya había iniciado el crecimiento del tubo polínico en el momento de la caída. Sin embargo, Heazlewood y Wilson (2004) no encontraron evidencia de crecimiento del tubo polínico hasta después de la caída de la caliptra. La cleistogamia no se presenta en todos los cultivares, donde pueden existir mecanismos dentro del capuchón que la previenen (Meneghetti et al., 2006). Estos mecanismos incluyen cubrir el estigma con el casquete y situar las anteras muy por debajo del estigma (Lombardo et al., 1983).

2.3. Crecimiento, desarrollo y composición de la baya

2.3.1. Crecimiento y desarrollo

El fruto después de cuajado pasa por diferentes etapas, el período herbáceo, comprendido entre el cuajado y el envero, aumentando su tamaño en función de la multiplicación celular. En envero, período el cual el grano comienza a ablandarse y a cambiar de color, en tintas pasa de verde a rojo violáceo (Ferraro Olmos, 1983; Keller, 2020).

El desarrollo de la baya comienza luego de la fecundación y continúa hasta el estado de madurez, se traduce en un crecimiento en volumen acompañado de una evolución de las características físicas (color, firmeza) y de la composición química de las uvas (azúcares, ácidos y compuestos fenólicos), (Champagnol, 1984; Reynier, 2005).

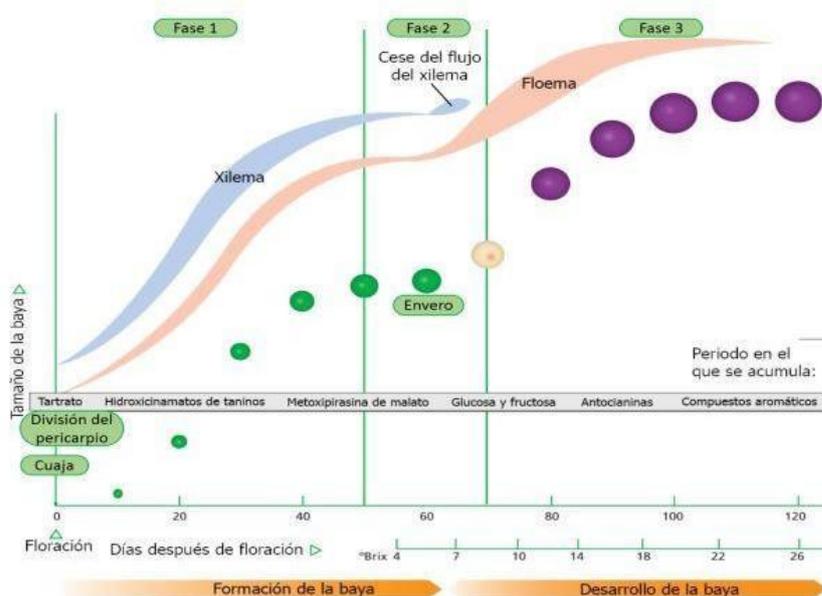
El crecimiento de la baya se representa por una curva doble sigmoide (Coombe, 1992). La primera fase comienza a partir de la floración y durante 60 días aproximadamente, es una etapa de crecimiento rápido presentando una fuerte tasa de división celular y aumento del volumen durante 3 a 4 semanas. En este período las bayas se mantienen firmes y verdes, debido a la alta concentración de clorofila, además presentan bajos niveles de azúcares y comienza la acumulación de ácidos orgánicos (Figura 1) (Conde et al., 2007; Coombe & McCarthy, 2000). La segunda fase, etapa estacionaria, el crecimiento se enlentece la cual se realiza la expansión y maduración de las semillas y la concentración de ácidos orgánicos llega a su máximo. Las bayas se mantienen firmes, pero comienzan a perder clorofila, esta fase dura entre 2 a 3 semanas (Conde et al., 2007). La regulación hormonal, es clave para el desarrollo y crecimiento de la baya. Desde la fecundación hasta la formación de las bayas está bajo el control de un conjunto de fitoreguladores (auxinas, citoquininas y gibrelinas) que promueven la división y la expansión celular (Conde et al., 2007; Coombe, 1992). En la tercera fase, comienza la maduración con la reanudación del crecimiento de la baya, perdiendo firmeza y clorofila, aumentando la cantidad de azúcares. Los ácidos orgánicos disminuyen y los componentes del color (antocianos en uvas tintas), aroma y sabor se acumulan. Este proceso dura aproximadamente entre 6 a 8 semanas (Dupré, 2016).

La mayoría de los componentes del metabolismo primario son los azúcares (glucosa y fructosa) y los ácidos orgánicos (ácido tartárico y málico principalmente). Durante la fase de maduración, el fruto se convierte en la principal fosa de los

fotoasimilados. La sacarosa que se importa desde las hojas es transformada en el fruto en glucosa y fructosa, siendo acumuladas en las vacuolas de las células de la pulpa (Conde et al., 2007). Por otra parte, los ácidos tartárico y málico constituyen más del 90 % del fruto, los cuales determinan la acidez total de la uva. Finalmente, durante la maduración, ocurre el proceso de ablandamiento de la pulpa, la cual se asocia a la actividad enzimática (pectina metil esterasa), la cual es de gran importancia para la elaboración del vino (Conde et al., 2007).

Figura 1

Diagrama representativo del crecimiento de las bayas de *Vitis vinifera* L.



Nota. Tomada de Kennedy (2002).

2.3.2. Composición

La baya está constituida por agua como componente mayoritario (80%), metabolitos primarios como: azúcares y ácidos orgánicos; y metabolitos secundarios como: taninos, flavonoides, antocianos, precursores aromáticos y componentes volátiles (Conde et al., 2007).

2.3.2.1. Agua.

El contenido de agua es el componente prioritario de las bayas, representando hasta un 80% del peso fresco en maduración, mientras que puede ser del 70 % en bayas sobremaduras. Antes del envero el agua ingresa mayoritariamente vía xilema, posteriormente el flujo de agua que llega a la baya lo hace a través del floema en conjunto

con sólidos solubles, aminoácidos y cationes como el potasio y el calcio (Keller, 2015). La mayor pérdida de agua por parte de las bayas durante la maduración es a causa de la transpiración. Si bien la tasa transpiratoria de las bayas es 50 a 70 veces menor que la de las hojas, bajo condiciones cálidas y de alta demanda atmosférica pueden darse pérdidas importantes provocando deshidratación de la misma y una consecuente reducción del rendimiento (Greer & Weedon, 2012).

2.3.2.2. Sólidos solubles.

Los sólidos solubles comienzan a aumentar su concentración dentro de la baya a partir del comienzo de la fase de maduración, la cual ocurre en el envero. La causa principal de la acumulación de azúcares es la movilización de la sacarosa desde las hojas y las reservas hacia las bayas (Coombe & Hale 1973; Keller & Tarara, 2010). Los principales azúcares de la uva son la glucosa y la fructosa; la relación glucosa-fructuosa varía durante el transcurso del desarrollo del fruto, siendo mayor durante la fase I de crecimiento de la baya o fase herbácea y va disminuyendo conforme avanza la maduración (Keller & Tarara, 2010).

2.3.2.3. Acidez total.

Los ácidos orgánicos más importantes de la uva son el tartárico y el málico comprendiendo ambos entre un 70 a 90 % (Dai, como se cita en Keller & Tarara, 2010), en menor proporción se encuentran otros ácidos como el cítrico, oxálico, succínico y otros. El tartárico es el ácido característico de la uva y además el responsable de influir mayoritariamente en el pH del mosto (Ribéreau-Gayón et al., 1989).

La concentración de ácido málico es máxima durante el envero y decrece de forma gradual durante el período de maduración. El ácido málico es sintetizado en las hojas y trasladado a las bayas, estas últimas tienen la capacidad de sintetizarlo, pero la mayor parte proviene de la parte vegetativa (Coombe & Hale, 1973).

La temperatura desempeña un rol fundamental en la reducción de la acidez en la baya, ya que su aumento induce a un incremento de la tasa respiratoria, siendo el ácido málico el principal sustrato de éste proceso metabólico (Coombe & Hale, 1973). Además de la respiración celular, la acidez de la uva disminuye por otros procesos, entre los cuales se destaca la neutralización de los ácidos por bases que se movilizan por el medio celular, así como el efecto de dilución causado por el aumento de los niveles de agua a partir del envero (Ribéreau-Gayón et al., 1989).

2.3.2.4. pH.

El pH constituye la acidez real de la uva (Peynaud, 1947), a iguales valores de acidez total pueden existir valores diferentes de pH ya que el mismo va a estar dado por las concentraciones de ácido málico y tartárico que se encuentren en la uva (Keller & Tarara, 2010).

Es un indicador importante para evaluar la calidad del mosto, está directamente relacionado con algunos atributos enológicos como la intensidad colorante (González-Neves, 2005).

El valor de pH aumenta durante el transcurso de la maduración por un efecto de disminución de los ácidos orgánicos presentes en la uva (Andrades, 1990).

El potasio es la principal base encargada de neutralizar los ácidos orgánicos de la uva. Durante el envero su concentración es baja, pero durante la maduración juntamente con el aumento de flujo de agua y sacarosa los niveles de potasio en la baya aumentan (Possner & Kliewer, 1985).

El rango de pH en cosecha manejados por González-Neves et al. (2004) durante tres años de estudio en las variedades cabernet sauvignon, merlot y Tannat oscilan entre 3,33 y 3,58.

2.3.2.5. Compuestos polifenólicos.

Los polifenoles, se producen en el metabolismo secundario y se acumulan en distintas partes de la planta. En la baya se localizan, sobre todo, en las partes sólidas: hollejos, semillas y escobajos, siendo extraídos durante la vinificación y determinando la calidad del vino tinto (González-Neves et al., 2011). Los polifenoles constituyen el grupo de compuestos de la uva de mayor importancia enológica para vinos tintos, siendo los compuestos con mayor incidencia en el color, la astringencia y están relacionados a los compuestos aromáticos del vino (Dokoozlian, 2000; González-Neves et al., 2006).

Entre los compuestos fenólicos de la uva, los antocianos son los pigmentos más abundantes, siendo los responsables de la coloración de las uvas tintas y localizándose en los hollejos. Los factores climáticos como temperatura, luminosidad y disponibilidad hídrica afectan de manera significativa las cantidades de estos compuestos, por lo que la concentración puede variar de un año a otro. La evolución de éstos aumenta desde envero en adelante y su síntesis está muy ligada al contenido de azúcares de las células de la

pulpa. Ésta actividad está influenciada directamente por la temperatura y la luminosidad, por lo que el manejo del follaje y el grado de exposición de los racimos es clave para la obtención de resultados óptimos (González-Neves et al., 2006; Guidoni et al., 2008).

2.4. Factores ambientales

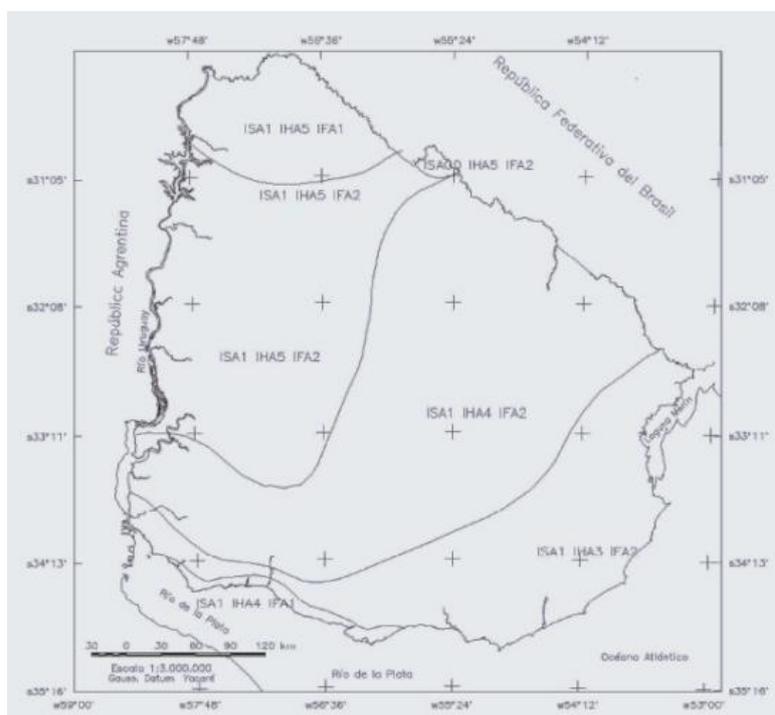
El clima es el factor ambiental más influyente sobre la respuesta de la vid (Deloire et al., 2005). La vid es una especie adaptada a un amplio rango de condiciones ambientales, pero los componentes del ambiente como la temperatura, radiación solar, humedad relativa y disponibilidad hídrica condicionan la fisiología de la planta y afectan su desempeño agronómico (Van Leeuwen & Seguin, 2006). El crecimiento y la maduración de la baya responden principalmente a dos factores climáticos: el térmico y el hídrico. Las precipitaciones junto con la temperatura son los parámetros que definen las zonas climáticas vitícolas en el mundo. En Uruguay, la variabilidad estacional e interanual de las lluvias es un elemento importante para la gestión del viñedo, siendo relevante para el estado sanitario de la planta y la calidad de las uvas (Fourment et al., 2018).

2.4.1. Índices bioclimáticos

El sistema de clasificación multicriterio propuesto por Tonietto y Carbonneau (2004) se basa en la adaptación a determinada región de tres índices bioclimáticos. Este sistema permite categorizar regiones vitícolas de diferentes partes del mundo acorde a su aptitud para el desarrollo de la vid y vincularlos a la calidad esperable de la materia prima. Los índices utilizados por este sistema contemplan dos de los factores de importancia para el desarrollo del cultivo: temperatura y agua. Mientras que la luz es considerada de manera indirecta a través de un factor que tiene en cuenta las horas de luz en una región particular del mundo. En Uruguay Ferrer (2007) realizó la delimitación de regiones macroclimáticas utilizando la clasificación multicriterio propuesta por Tonietto y Carbonneau (2004), en su trabajo realizó la adaptación de estos índices a las condiciones nacionales. Las modificaciones tuvieron en cuenta el tipo de suelo en que se desarrolla la viticultura en territorio uruguayo, así como también el período temporal que involucra el desarrollo del ciclo vegetativo del cultivo en las condiciones del hemisferio sur. El clima vitícola de la zona Sur del país se clasifica como: de sequía moderada, templado y con noches templadas (IS1 IH3 IF2) (Figura 2).

Figura 2

Regiones vitícolas del Uruguay según sistema de clasificación multicriterio



Nota. Tomada de Ferrer (2007).

Tabla 1

Descripción de las regiones agroclimáticas y departamentos que se incluyen en cada macro región

Región	Sigla según (SCM)	Descripción	Departamentos
I	ISa1 IHa4 IFa1	Sequía moderada, clima templado cálido y noches cálidas.	Colonia, San José, Canelones, Montevideo.
II	ISa1 IHa3 IFa2	Sequía moderada, clima templado, noches frescas.	Canelones, San José, Colonia, Lavalleja, Maldonado, Treinta y Tres, Rocha.
III	ISa1 IHa4 IFa2	Sequía moderada, clima templado cálido, noches frescas.	Flores, Florida, Lavalleja, Soriano, Durazno, Río Negro, Rivera, Tacuarembó.
IV	ISa1 IHa5 IFa2	Sequía moderada, clima cálido, noches frescas.	Salto, Tacuarembó, Río Negro, Paysandú.
V	ISa1 IHa5 ISa1	Sequía moderada, clima cálido, noches cálidas.	Artigas, Salto.
VI	ISa00 IHa5 ISa1	Húmedo, clima cálido, noches frescas.	Rivera.

Nota. Tomada de Ferrer (2007).

2.4.1.1. Índice heliotérmico (IH).

El índice heliotérmico propuesto por Huglin (1978), considera las condiciones térmicas favorables para la actividad fotosintética para un período de 6 meses, en el hemisferio sur HS (1 de septiembre al 28 de febrero). Este índice tiene en cuenta las temperaturas máximas, mínimas e indirectamente el efecto de la luz, a través de la duración del día de una región determinada. La maduración de la baya se ve estrechamente modificada por la oferta térmica y las variaciones diarias de la temperatura (Kliewer & Lider, 1970; Sadras et al., 2013b). Valores de 1400 del índice de Huglin han sido reportados como límites inferiores para el cultivo de la vid (Huglin, 1978), no obstante, algunas variedades como cabernet sauvignon reportan valores cercanos de 1900°C IH para alcanzar un tenor de azúcares de 180 a 200 g/l. Por tanto, resulta un índice fundamental al momento de seleccionar variedades para un ambiente determinado (Ferrer, 2007).

2.4.1.2. Índice de frescor nocturno (IF).

Las temperaturas nocturnas tienen influencia sobre diferentes variables inherentes a la composición de la baya. Tonietto (1999) ha propuesto este índice como un indicador del potencial de una región para la síntesis de compuestos fenólicos como antocianos y aromas. Éste índice tiene en cuenta la temperatura mínima promedio del mes previo a cosecha (febrero en el hemisferio Sur). Los valores favorables durante la maduración se encuentran entorno a los 16°C (Ferrer, 2007).

2.4.1.3. Índice de sequía (IS).

El índice de sequía de Tonietto (1999) está basado en el balance hídrico de Riou et al. (1994) y refiere a la capacidad del suelo de acumular agua potencialmente disponible para el cultivo. Para su cálculo se toman en cuenta las precipitaciones efectivas, las evaporaciones de agua a partir del suelo y la evapotranspiración del viñedo. Este índice permite conocer el balance hídrico de un suelo en un momento determinado o al final de un período.

2.4.2. Temperatura

La temperatura del aire es otro factor de importancia ya que es responsable de modular la actividad a nivel metabólico de las plantas, así como la mayoría de los sistemas biológicos, y reacciones que involucren enzimas como catalizadores (Kader, 1994). La temperatura del aire influye sobre el crecimiento vegetativo y las fases de desarrollo de

las plantas, pudiéndose establecer rangos óptimos para cada etapa de desarrollo de la vid. Sin embargo, los rangos pueden ser amplios ya que la interacción con otros factores ambientales se vuelve significativa y no siendo fácilmente independizados (Champagnol, 1984).

La temperatura afecta la evolución fenológica de la vid (Cameron et al., 2021; Fourment et al., 2013) y condiciona la maduración de la uva (Sadras et al., 2013a, 2013b; Winkler et al., 1974). Coombe (1987) ha observado grandes diferencias entre las uvas cosechadas en climas cálidos con respecto a las cosechas en climas fríos. Cuanto más cálida es la región, el aumento del tenor de azúcares y el descenso del ácido málico se dan más aceleradamente.

La temperatura también afecta el color de la piel y el contenido de fenoles de las bayas y sobre todo el contenido de antocianos, principales responsables del color de los vinos tintos jóvenes (Coombe, 1987; Jackson & Lombard, 1993).

La temperatura afecta la fotosíntesis, por un lado, incide sobre la temperatura de la hoja, mientras que por otra parte afecta variables atmosféricas derivadas como el déficit de presión de vapor (DPV), el cual influye sobre las relaciones hídricas del sistema suelo-planta-atmósfera. El rango de temperaturas óptimas a nivel foliar para el proceso de fotosíntesis es de 25 a 30 ° C según Kriedemann (1968). Las fluctuaciones diarias y estacionales de la temperatura determinan, consecuentemente, variaciones en los niveles de asimilación neta de carbono (Correia et al., 1990). La temperatura muestra una estrecha relación con la radiación global incidente, por ende, ambos factores son responsables en gran medida de determinar los cambios en la actividad fisiometabólica de las plantas. Temperaturas superiores a los 35 ° C suelen tener un marcado efecto inhibitorio sobre fotosíntesis y procesos como la maduración de fruto (Greer & Weedon, 2012). Altas temperaturas pueden provocar la pérdida de agua provocando un desequilibrio entre el contenido de agua de la hoja y el flujo de transpiración, concluyendo en un cierre estomático y consecuente disminución de la fotosíntesis (Carbonneau, 1992). Además, la actividad oxigenasa de la enzima rubisco se ve promovida por las altas temperaturas, impactando negativamente sobre la fotosíntesis neta y la disponibilidad de carbohidratos para abastecer los diferentes procesos metabólicos (Keller, 2015). Altas acumulaciones térmicas durante el período de maduración provocan una aceleración del proceso, resultando en uvas con alto potencial alcohólico, baja acidez y alto pH (Sadras et al., 2013a, 2013b; Spayd et al., 2002).

2.4.3. Humedad relativa

La humedad relativa es un factor importante para el estado sanitario de la planta, siendo una de las principales condiciones predisponentes para el desarrollo de enfermedades fúngicas. El exceso de follaje también hace que aumente la humedad relativa dentro de la Canopia, por lo que además de disminuir la tasa fotosintética aumenta el riesgo de generar enfermedades (Downey et al., 2006).

La transpiración de las hojas puede llevar a aumentar la humedad relativa dentro de Canopias densas. Si la Canopia es abierta, el efecto de la ventilación puede reducir la diferencia de humedad relativa entre el interior y exterior de la Canopia. Sin embargo, pequeñas diferencias en la humedad relativa pueden ser importantes para el establecimiento de hongos patógenos como *Botrytis* sp. (Smart & Robinson, 1991).

Cuando se realiza un deshojado, la relación entre la cantidad de luz y el calentamiento de la baya favorece la ausencia de humedad (Pieri et al., 2001).

2.4.4. Disponibilidad hídrica

El agua es un factor fundamental, juega un rol preponderante en la actividad metabólica de la planta (Azcón-Bieto & Talón, 2008). Procesos vinculados a la fotosíntesis como la apertura estomática y la transpiración están estrechamente ligados al estado hídrico (Escalona et al., 2003). Otro factor de importancia es la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, la cual estará dada por sus características físico-químicas, particularmente su textura, estructura y profundidad (Molfino & Califra, 2001). A su vez, las características del suelo condicionaran la actividad radicular afectando la capacidad de la planta para abastecerse de agua (Champagnol, 1984; Van Leeuwen et al., 2004).

El régimen hídrico juega un rol trascendente en la respuesta de la planta sobre variables de interés agronómico como el rendimiento, el crecimiento vegetativo y la composición de la uva. Las diferentes fases fenológicas presentan diferencias en cuanto a la susceptibilidad al estrés hídrico (Champagnol, 1984).

El potencial hídrico (Ψ_h) es la magnitud empleada para expresar y medir el estado de energía libre del agua, se expresa en unidades de presión (KPa, MPa, bar) y el potencial para una planta es la suma de tres componentes: $\Psi = \Psi_S + \Psi_P + \Psi_m$ con: Ψ_S : potencial osmótico, Ψ_P : potencial de turgencia, Ψ_m : potencial de matriz (Azcón-Bieto & Talón, 2008). La utilización del potencial foliar que se determina con una cámara de presión

(Scholander et al., 1965) ha permitido establecer umbrales de referencia (Ojeda et al., 2008).

Es conveniente que durante el período entre brotación y floración la planta no sufra restricción hídrica o que esta sea leve, entre 0 y -0,3 Mpa. Esta condición hídrica no afectaría el normal crecimiento del brote, imprescindible para un buen desarrollo de la superficie foliar, permitiendo una buena alimentación de los racimos y la adecuada provisión de reservas de la planta. El crecimiento vegetativo es lo primero que se afecta cuando la vid comienza a estar sometida a una restricción hídrica (Ojeda et al., 2008).

Durante el período floración y cuajado una restricción hídrica demasiado severa ($<-0,6$ Mpa) puede reducir la tasa de cuajado y el número de bayas por racimo, por desecación (Hardie & Considine, 1976).

Entre cuajado y envero, el estrés hídrico tendrá una fuerte influencia sobre el rendimiento del viñedo a través del efecto que ejerce sobre el tamaño de la baya, durante este período la restricción hídrica no afecta la división celular pero disminuye el volumen celular. Esta disminución es irreversible, aunque la restricción se interrumpa desde envero a madurez. Si la restricción hídrica es excesiva durante este período ($<-0,6$ Mpa) el peso de la baya disminuirá significativamente y será afectada la biosíntesis de algunos polifenoles como los taninos, las proantocianidinas y, en ciertos casos, la posterior síntesis de antocianos. En consecuencia, la cosecha de un viñedo puede verse reducida en un 30 a 50 % con el agravante de una importante pérdida de calidad (Ojeda et al., 2002).

En el período de envero a cosecha la ausencia de restricción hídrica (valores entre 0 y -0,2 Mpa) produce un vigor excesivo y favorece rendimientos elevados en el viñedo pero los componentes “cualitativos” de la uva, como polifenoles y azúcares, disminuyen por un efecto de dilución provocado por el aumento del tamaño de la baya. En contraste, una restricción progresiva hacia el período de maduración es propicia para una reducción del tamaño de las bayas y, por consiguiente, de los rendimientos, favoreciendo además la concentración de los compuestos fenólicos, principalmente los antocianos (Ojeda et al., 2008). Está ampliamente estudiado y documentado que niveles de estrés moderado (0,3 Mpa) durante la fase de maduración del fruto están relacionados con vendimias de mejor calidad, permitiendo una mayor acumulación de azúcares e incremento de metabolitos secundarios en la baya (Deloire et al., 2005; Ferrer et al., 2014; Ojeda et al., 2002; Van Leeuwen et al., 2019). Por otra parte, con valores de potencial hídrico foliar de ($<0,5$

Mpa) correspondiente a un estrés de fuerte a severo se detienen los procesos fisiológicos como la fotosíntesis y consecuentemente la acumulación de azúcares en el grano (Carbonneau, 1998).

2.5. Microclima de la Canopia

El estudio del microclima se refiere a las condiciones en el interior de la Canopia y en el ambiente subyacente (Smart & Robinson, 1991). El microclima de la Canopia será el resultado de una interacción compleja entre las condiciones ambientales del lugar, la variedad de vid, el portainjerto, el suelo sobre el cual está implantado el viñedo (disponibilidad de agua y nutrientes) e intervenciones del viticultor, como la elección del sistema de conducción, manejo de la Canopia, fertilización y riego (Smart, 1985). Diversos trabajos han puesto de manifiesto la importancia del microclima sobre diferentes factores de importancia agronómica como el rendimiento (Buttrose, 1970; Sánchez & Dokoozlian, 2005; Smart & Robinson, 1991), la composición de la uva (Carbonneau et al., 1978; Smart, 1985; Smart et al., 1985).

La temperatura y la humedad relativa son afectados por la estructura de la Canopia, las Canopias densas, con excesiva cantidad de capas de hojas proporcionan condiciones microclimáticas desfavorables para la maduración, caracterizadas por presentar alta humedad relativa, aumentando la probabilidad de incidencia de enfermedades fúngicas como la podredumbre gris (English et al., 1989; Zoecklein et al., 1992). Por el contrario, Canopias con mayor porosidad suelen presentar condiciones de menor humedad relativa y un mejor flujo de aire, lo que permite reducir la cantidad de horas con tejido mojado y mejorar la eficacia del control fitosanitario (English et al., 1989; Sternad Lemut et al., 2015).

En términos de composición de la uva, Canopias densas dan origen a mostos con baja concentración de sólidos solubles, elevada concentración de malato y altos contenidos de potasio, resultando en mostos de baja calidad enológica (Kliewer & Bledsoe, 1986). El incremento de la exposición de los racimos representa cambios en la maduración del fruto (Downey et al., 2006; Tarara et al., 2008). La exposición de los racimos a la radiación provoca un aumento de la temperatura de la baya, incrementos en el rango de 2,2 a 10,7 °C han sido reportados por Kliewer y Lider (1970). Esto impacta directamente en el proceso de transpiración teniendo un efecto significativo sobre las relaciones hidráulicas y el transporte de sólidos solubles (Rebucci et al., 1997).

Está comprobado que la incidencia de radiación sobre el racimo presenta un efecto positivo sobre la síntesis de metabolitos secundarios (Smart, 1985; Smart & Robinson, 1991). Dentro de los metabolitos secundarios se destaca el efecto de la exposición a la radiación sobre el grupo de los flavonoides, en particular, los antocianos y flavonoles (Spayd et al., 2002; Tarara et al., 2008). Por otra parte, una sobre exposición de los racimos puede tener efectos negativos como la generación de daños por quemado de sol y la deshidratación prematura del grano en climas cálidos (Greer & Weedon, 2012; Rogiers et al., 2004; Rustioni et al., 2014). Ambos fenómenos que impactan negativamente sobre la calidad final de la uva.

2.6. Gestión del follaje

La gestión del follaje tiene como objetivo lograr la homogeneidad de la cubierta vegetal para que la fotosíntesis se lleve a cabo de forma eficiente. A través de esta práctica se busca obtener pámpanos vigorosos y uniformemente distribuidos que produzcan uvas sanas, de gran calidad, con racimos homogéneos, de igual tamaño de grano y madurez uniforme. Además, para mantener la longevidad no se deben ver afectados el crecimiento y el desarrollo de otras partes de la planta (Hunter & Archer, 2002; Valdivieso, 2005).

El sistema en el cual está instalado un viñedo, dado por la situación edafoclimática y prácticas de manejo como el sistema de conducción y el tipo de poda, determinan el crecimiento vegetativo, la composición y la sanidad de la uva (Ferrer & González-Neves, 2002). El sistema de conducción determina la cantidad de luz interceptada por la Canopia, siendo los sistemas que mantienen el follaje dividido aquellos que permiten una mayor interceptación de la luz y un menor número de hojas sombreadas dentro de la Canopia (Gladstone & Dokoozlian, 2003; Ferrer & González-Neves, 2002). Para reducir la sombra en el interior de la Canopia e incrementar la exposición directa a la radiación de las hojas y racimos, se han desarrollado prácticas culturales de gestión del follaje como por ejemplo: despunte, raleo de brotes, eliminación de feminelas y deshojado (Morales, 1987; Smart & Robinson, 1991).

Estas prácticas de gestión del follaje, que inicialmente se utilizaban para controlar el crecimiento, obtener rendimientos sostenibles y controlar el desarrollo de enfermedades han pasado a ser prácticas integrales, esenciales en viticultura y enología de cara a la obtención de la calidad en la uva y el vino (Kliewer, 1970).

2.6.1. Deshojado

El deshojado a nivel de los racimos es una práctica de uso común en los viñedos para modificar el microclima en la zona fructífera, con el propósito de influir la composición de las bayas (Maigre, 2004; Muñoz et al., 2002). La práctica consiste en la eliminación de las hojas basales de los pámpanos, dejando libre de ellas la zona fructífera. Esto genera un ajuste en la relación Fuente/Fosa, modificando el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Tardáguila & Bertamini, 1993). A su vez, el deshojado provoca cambios en el microclima en la zona del racimo (luz, temperatura y humedad relativa) y en la repartición de fotoasimilados (Bobeica et al., 2015; Hunter & Bonnardot, 2011; Piccardo, 2008; Salvarrey, 2016; Valdivieso, 2005).

La técnica de deshojado mejora notoriamente la ventilación y la exposición de los racimos dificultando el desarrollo de hongos fitopatógenos. Además, se observa una mayor eficiencia en la aplicación de productos fitosanitarios, dado que no existen capas de hojas que dificulten la llegada al racimo (Bgecevic et al., 2015, como se cita en Arrillaga, 2017).

El deshojado suele tener un efecto positivo sobre la composición de la uva, mejorando la intercepción de radiación en la zona de racimos, favoreciendo la transpiración del fruto y aumentando los niveles de precursores primarios y secundarios resultando en una mejora global del proceso de maduración (Hunter, 2000). Bledsoe et al. (1988) y Smart et al. (1985) reportan un incremento en la concentración de sólidos solubles, una disminución en la acidez titulable, un aumento en el pH y descenso en el contenido de potasio en la baya. Sin embargo, diferentes resultados pueden encontrarse dependiendo de la variedad y el tipo de clima donde se lleven a cabo (Jackson & Lombard, 1993). Otros trabajos reportan que no existieron cambios sustanciales en la composición de la uva y el vino como el grado alcohólico, la acidez y el pH (Tardáguila et al., 2010).

Algunos de los efectos notables descritos por Balsari y Scienza (2004), refieren al mejoramiento de la calidad de la uva, como puede ser el aumento de la velocidad de maduración, dada por un aumento de la temperatura en la zona de racimos. Por otra parte, la exposición de las bayas a la radiación solar facilita la síntesis de compuestos polifenólicos, lo que determina una mayor coloración de las bayas sobre todo en variedades tintas.

El deshojado suele realizarse en aquellas regiones donde la radiación solar es insuficiente, generalmente en uvas tintas que requieren una exposición directa al sol para el desarrollo del color (Winkler et al., 1974). Cuando las plantas crecen y producen en condiciones de alta luminosidad, el deshojado no logra efectos categóricos que permitan diferenciar ni química ni organolépticamente la composición de las uvas, como si se aprecia notoriamente en zonas de clima con déficit de luz y de temperatura (Lavin & Pardo, 2001).

Los momentos fenológicos en los cuales se realizan los deshojados son: floración (prefloración) como temprano o precoz y de manera tardía en cuajado, envero y cosecha (precosecha); y las intensidades del deshojado son variables, depende de la cantidad de hojas que se extraigan durante la práctica. La incidencia del deshojado en diferentes momentos fenológicos de la vid ha sido evaluada por diversos investigadores con resultados variables. Un factor importante para determinar el momento del deshoje (prefloración o posfloración) es el climático, especialmente en las fases fenológicas de floración y polinización (Persuric et al., 2001).

En Uruguay, se han evaluado deshojados realizados en diferentes estados fenológicos para el cv. Tannat, al Sur del país. Los deshojados realizados en prefloración año tras año, redujeron el rendimiento, siendo de forma acumulativa de un 11 % a 39 % con respecto a plantas sin deshojar. Por otro lado, no presentan efectos en la acidez titulable y en pH, mejora los atributos enológicos (azúcares, polifenoles totales y antocianos), las cuales están relacionadas a la capacidad compensatoria del crecimiento vegetativo, rendimiento de la cepa, condiciones climáticas y las interacciones entre ellas (Arrillaga, 2017, 2021). En cuajado y envero, no se han observado efectos en el rendimiento ni en los componentes, mejorando sí el microclima, favoreciendo la exposición de los racimos, siendo luz y humedad relativa los parámetros más afectados (Piccardo, 2008). El estado sanitario de la uva en cosecha mejora, reduciendo el daño por enfermedades fúngicas, principalmente en plantas deshojadas en cuajado. Mejora la concentración de azúcares en la uva, pero sin presentar efectos en acidez total y pH (Carrosio et al., 2005; Piccardo, 2008).

2.6.1.1. Deshojado precoz (prefloración).

El deshojado en prefloración o en floración, se realiza entre los estados 16 y 23 E-L (Coombe, 1995) y es un deshojado muy intensivo (6-10 primeras hojas). Este tiene

como objetivo principal la regulación de la producción de uva y se fundamenta en la relación funcional existente entre el rendimiento productivo y la disponibilidad de azúcares en el momento fenológico (Diago, 2010; Diago et al., 2009; Poni et al., 2006, 2008).

Generalmente reduce el rendimiento y la cantidad de bayas por racimos, por causa de una supresión en el suministro de carbohidratos disponibles. La carga del racimo se regula mediante la disminución en el porcentaje del cuajado, además, también se ha observado un efecto en la compacidad, quedando racimos más sueltos. Además, mejora la composición de la baya y el microclima en la zona del racimo, optimizando el aspecto sanitario de la cosecha (Arrillaga, 2017, 2021; Intrieri et al., 2008; Poni et al., 2006, 2008; Smart & Robinson, 1992; Tardáguila et al., 2010).

Al deshojar se afecta la capacidad de fuente, la cual promueve la actividad fotosintética de las hojas remanentes y además la planta prioriza la reposición foliar, lo que significa en una menor cantidad de fotoasimilados destinados al desarrollo de los racimos (fosa). Esto podría disminuir el rendimiento con menor peso de baya, peso de racimo y número de bayas por racimo. Esta técnica es útil en variedades muy productivas y donde además el objetivo es la elaboración de vino de alta calidad que requiere de rendimientos menores y una mayor calidad de uva (Kliewer & Bledsoe, 1986; Verdenal et al., 2024).

Poni et al. (2006), en su trabajo sobre las variedades Barbera, Trebbiano y Sangiovese lograron encontrar evidencia del deshojado precoz sobre el número y tamaño final de las bayas del racimo. Una menor cantidad de asimilados determinó racimos más pequeños y menos compactos, lo que se traduce en una reducción del rendimiento del orden del 20% y menor incidencia de *Botrytis Cinerea Pers*, para todos los tratamientos deshojados. Por otra parte, se observó una mayor respuesta a la acumulación de sólidos solubles, antocianos y polifenoles. Además, Molitor et al. (2011b) trabajando con las variedades Sauvignon blanc, Auxerrois, Pinot noir y Riesling han confirmado que el deshojado precoz permite una reducción en la compacidad del racimo.

Por otro lado, este deshojado también puede disminuir la acidez debido a que la mayor exposición de los racimos al sol incrementa la temperatura, y afecta la degradación del ácido málico, disminuyendo la acidez (Kliewer & Bledsoe, 1986).

2.6.1.2. Deshojado en cuajado y envero.

Los deshojados entre cuajado y envero, así como en precosecha son tradicionalmente utilizados por los viticultores de diversas zonas vitícolas para mejorar las condiciones microclimáticas del racimo y facilitar otras labores vitícolas, constituyendo momentos “clásicos” de aplicación de esta práctica de cultivo (Verdenal et al., 2013).

Estas técnicas, mejoran sustancialmente la ventilación y la exposición en la zona de los racimos, dificultando la germinación de esporas y crecimiento del micelio de podredumbres causadas por hongos. Por otra parte, el deshoje mejora la eficacia de los tratamientos con fungicidas optimizando la llegada del producto a la zona objetivo (Bogicevic et al., 2015; Zoecklein et al., 1992).

Numerosos son los trabajos de investigación que han estudiado el efecto del deshojado en estos momentos fenológicos sobre variables como, el rendimiento, la composición de la uva y la incidencia de podredumbres de racimo. Cuando el deshojado es realizado en cuajado, y no existen limitantes hídricas, nutricionales o de reservas de la planta, normalmente se da una recomposición importante del área foliar, promovida por la brotación de feminelas (Hunter, 2000; Kliewer & Antcliff, 1970). Por el contrario, cuando se realiza en envero y existe una parada de crecimiento por baja disponibilidad hídrica, la recomposición del área foliar es mucho menor (Hunter, 2000).

Estudios realizados por Verdenal et al. (2018), Tardáguila et al. (2010), Zoecklein et al. (1992), Bledsoe et al. (1988) y Kliewer, (1970), sostienen que los deshojados realizados luego de cuajado no modifican los componentes del rendimiento. Sin embargo, otros trabajos reportan que los deshojados en envero pueden promover un incremento del peso de la baya y el rendimiento por planta (Percival et al., 1994). Buttrose (1966) señala que cuando se realiza un deshojado en cuajado, se disminuye la partición de materia seca hacia la baya, impactando en su tamaño final. Otros trabajos concluyen que deshojados severos en cuajado, disminuyen el rendimiento a causa de una reducción del número de bayas por racimo y menor tamaño de éstas (Kotseridis et al., 2012).

Por el contrario, Bobeica et al. (2015) concluyeron que deshojados severos realizados una semana antes de envero limitan de manera importante la concentración de azúcares y antocianos, modificando sensiblemente los contenidos de ácido málico y tartárico en el transcurso de la maduración. Otros autores han encontrado también una

respuesta negativa sobre la concentración de sólidos solubles cuando los deshojados se realizan de manera intensa en cuajado (Vasconcelos & Castaglioni, 2000).

Deshojados en cuajado y envero en el cultivar Tannat, no modificaron los metabolitos primarios, mientras si existió una mejora en el potencial antociánico de la uva y la extractibilidad de antocianos (Piccardo, 2008). Por otra parte, Salvarrey (2016) concluyó que el efecto del deshojado en cuajado sobre la concentración de azúcares fue dependiente de las condiciones del año, mientras que no evidenció efectos significativos sobre la acidez, el pH y el potencial antociánico.

2.6.2. Rendimiento y sus componentes (compacidad e indicadores fisiológicos)

2.6.2.1. Superficie foliar.

Al deshojar se elimina parte de la superficie foliar de la planta, cuando se realiza de manera parcial o ligeramente, favorece la luminosidad de las hojas más internas de la estructura compensando la disminución de hojas; mientras que, si la eliminación es muy importante, puede quitarle capacidad fotosintética a la planta (Bidault, 2001).

En un deshojado precoz la reposición foliar puede llegar a cubrir un 50% de los racimos, dentro de las dos semanas que suceden a la operación. Esta reposición compensa parcialmente la supresión de hojas. En cambio, un deshoje tardío (envero) presenta una tasa de reposición baja o nula (Bidault, 2001).

La eliminación de hojas en un viñedo de poco vigor, no necesariamente se justifica, debido a que en estas condiciones el área foliar expuesta puede resultar limitante para el normal desarrollo de la uva y a su vez los cambios microclimáticos al nivel de los racimos no serían muy notorios. En cambio, en un viñedo muy vigoroso donde el área foliar no sería limitante, el deshojado se justifica dado la gran influencia que ejerce sobre el microclima del racimo (Muñoz et al., 2002).

2.6.2.2. Rendimiento

Según Gutiérrez (2002) que trabajo sobre la variedad Listan Negro, encontró que el deshojado afecta diversos parámetros productivos, entre los cuales menciona un menor rendimiento en forma significativa de los tratamientos deshojados en relación al testigo, sin encontrar diferencias entre los momentos realizados.

A su vez Percival et al. (1994), determinaron que el deshojado mejora los componentes del rendimiento, donde deshojados tardíos (envero) producen mayores

rendimientos por aumento en el peso del racimo, en comparación al testigo y en menor medida en comparación al deshojado precoz.

A diferencia de los anteriores, Chovelon (1999) menciona que el deshojado precoz genera un menor tamaño de grano, pero no necesariamente afecta significativamente el rendimiento.

Bledsoe et al. (1988), quienes practicaron deshojados en tres niveles de severidad y en cuatro momentos del ciclo de la vida, no encontraron diferencias en el rendimiento (producción por planta), ni en los componentes del rendimiento (peso de grano).

Andrade et al. (2001) concluyen que los deshojados en cuajado no generan efectos en el rendimiento.

2.6.2.3. Compacidad del racimo.

Los primeros trabajos de investigación realizados en Italia sobre las variedades Sangiovese y Trebianno, reportan una disminución de la tasa de cuajado (6-19%) respecto a un testigo sin deshojar. La disminución de la tasa de cuajado resulta en racimos más pequeños y laxos a causa de una menor cantidad de bayas por racimo (Poni et al., 2006). La disminución de la tasa de cuajado genera efectos sobre la arquitectura del racimo. Distintos trabajos demuestran que la compacidad del racimo se reduce cuando se ejecuta esta práctica de cultivo (Hed et al., 2015; Molitor et al., 2011b; Poni et al., 2006; Sternad Lemut et al., 2015; Tardáguila et al., 2010). La obtención de racimos más laxos tiene como ventaja, la disminución de susceptibilidad a la incidencia de podredumbres, ya que dicho carácter se encuentra estrechamente asociado a la susceptibilidad varietal a este tipo de enfermedades (Marois et al., 1986; Pañitru-De la Fuente et al., 2018; Vail & Marois, 1991).

2.6.2.4. Indicadores fisiológicos (superficie foliar/rendimiento).

La productividad de fruta está estrechamente ligada a la expresión foliar de la planta (Ferrer & González-Neves, 2002; Gonçalves Rey & Miranda Balticevic, 2003). La relación hoja/fruto es un índice que permite analizar si la planta se encuentra o no equilibrada en su desarrollo vegetativo y productivo. El balance fuente/fosa es uno de los principales indicadores para evaluar el potencial productivo de una planta, tanto en rendimiento como en calidad (Champagnol, 1984).

Zufferey y Murisier (2003) en sus estudios observaron que es necesario un valor promedio por metro cuadrado de superficie foliar expuesta por kilo de uva, para obtener un tenor de azúcares adecuado en el mosto. Este valor puede variar entre (0.8 y 1.2 m²/Kg) dependiendo de las condiciones climáticas del año de producción. En años climáticamente desfavorables este valor puede llegar a 1.4 m²/Kg.

2.6.2.5 Índice de Ravaz

La relación que existe entre el desarrollo vegetativo y productivo de un viñedo afecta el comportamiento cualitativo de la cosecha (Ferrer et al., 2003). A partir de esto se estableció una correlación altamente significativa entre la producción de uva y madera, expresado como índice de Ravaz (Mescalchin et al., 1995, como se cita en Piccardo, 2008).

El equilibrio de la producción fruta-madera, expresado como índice de Ravaz, alcanzado por la planta determina la performance enológica de la cosecha (Ferrer et al., 2003). Ferrer et al. (1997) han determinado para una variedad productiva como Tannat, un valor situado entre 5 y 8 de índice de Ravaz para plantas en equilibrio productivo.

3. Materiales y métodos

3.1. Caracterización de la parcela experimental

El ensayo se instaló en un viñedo comercial de la variedad Tannat perteneciente al establecimiento y bodega Juanicó, ubicado en el departamento de Canelones, Ruta Nacional N° 5, Km 38 (34° 35` 30 S, 56° 15` 23 O). El trabajo fue realizado durante el ciclo productivo 2018-2019. El viñedo fue implantado en el año 1999 con una densidad de plantación de 3.200 plantas por hectárea, correspondiente a un marco de plantación de 2,5 m de distancia entre filas y 1,25 m entre plantas.

El material vegetal empleado fue la variedad Tannat (clon 398) sobre portainjerto SO4, en secano, el sistema de conducción fue en espaldera, con poda larga o “guyot”, con dos cargadores por planta con 6 a 8 yemas cada uno. La orientación de las filas es NW-SE, el manejo de la entrefila es con cobertura vegetal “empastado” permanentemente con control de la vegetación mediante el pasaje de “pastera” o rotativa, mientras que la fila se encuentra libre de vegetación mediante la aplicación de herbicidas.

3.2. Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en un deshojado manual bilateral a nivel de racimo, eliminando manualmente las hojas basales de los pámpanos, incluyendo las feminelas, hasta la hoja opuesta al mismo. Fueron realizados en 3 estados fenológicos diferentes: en prefloración 21 E-L (DPF), en cuajado 27 E-L (DC), envero 36 E-L (DE) y el testigo comercial (T) de referencia.

Tratamientos:

Testigo comercial (TC): tratamiento de referencia.

Deshojado prefloración (DPF): deshojado temprano (21 E-L) de las primeras 6 a 8 hojas, representando una intensidad del 70%.

Deshojado en cuajado (DC): deshojado cuando el racimo presentaba casi la totalidad de bayas cuajadas (27 E-L), representando una intensidad del 20%.

Deshojado en envero (DE): deshojado durante el envero (35 E-L), representando una intensidad del 20%.

Para determinar el momento preciso de aplicación de los tratamientos se realizó un seguimiento fenológico semanal utilizando la escala fenológica de Eichhorn y Lorenz

(1977, adaptada por Coombe, 1995), desde desborre (15/09/2018) hasta envero (10/01/2019) donde se aplicó el último tratamiento. En cada observación, se evaluaron un total de 100 yemas y cuando la proporción era mayor o igual al 50%, se aplicaron los tratamientos en el estado fenológico que correspondía.

Figura 3

Escala fenológica de la vid ciclo 2018-19



Nota. Adaptada del fenograma de Eichhorn y Lorenz (1977, modificada por Coombe, 1995).

Se indican los estados fenológicos y fechas cronológicas del ciclo 2018/2019 de aplicación de los tratamientos.

Figura 4

Tratamientos realizados en cada estado fenológico mostrando antes y después de deshojado

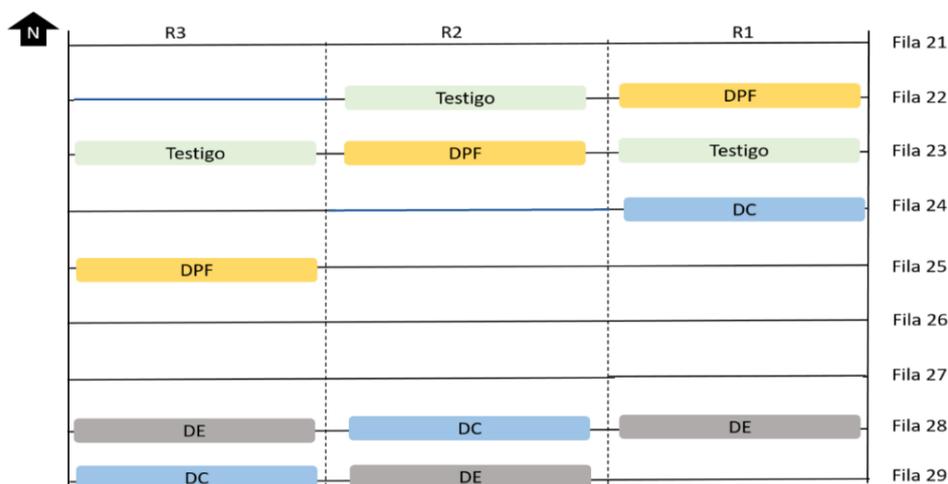


Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L).

En cuanto al diseño experimental, el utilizado fue un diseño en bloques completos al azar (DBCA), donde se definieron 3 repeticiones por tratamiento y la unidad experimental fue de 7 plantas, resultando en 21 plantas por tratamiento (Figura 5).

Figura 5

Diseño experimental y distribución de los tratamientos a campo



Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

3.3. Caracterización climática del año en estudio

3.3.1. Cuantificación de las variables macroclimáticas

Para realizar la caracterización climática de la zona, se tomaron los datos del Banco de datos agroclimáticos de Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, 2024), específicamente de la estación meteorológica de INIA-Las Brujas, Canelones, ubicada a 30 Km de donde fue realizado el ensayo. Se analizaron para el ciclo (2019), las variables de: temperatura (máximas y mínimas), evapotranspiración (ETP) y precipitaciones (pp.). La evaluación se realizó a dos niveles, por un lado, se consideró una serie comprendida desde 1987 hasta el 2017 y luego, una caracterización del año de estudio durante el ciclo 2018-2019.

3.3.2. Índices bioclimáticos

La elaboración de los índices bioclimáticos se realizó a través de los registros de datos de la plataforma (INIA, 2024).

3.3.2.1. Índice heliotérmico (IH).

A continuación, se presenta la fórmula del índice heliotérmico adaptado por Ferrer (2007). $IH = \sum \{(T.med. -10 + (T.máx. -10))\} / 2*k$. Donde T media = temperatura media del aire (°C), T Máx= temperatura máxima del aire (°C), k= constante de longitud de onda (1 para Uruguay)

Tabla 2
Índice heliotérmico

Clase clima	Sigla	Intervalo de clase
Muy fresco	IH 1	<1500
Fresco	IH 2	1500 a 1800
Templado	IH 3	1800 a 2100
Templado cálido	IH 4	2100 a 2400
Cálido	IH 5	2400 a 3000
Muy cálido	IH 6	>3000

Nota. Tomada de Huglin (1978).

3.3.2.2. Índice de frescor nocturno (IF).

A continuación, se presenta la fórmula de índice de frescor nocturno.

IF = Temperatura mínima del aire (°C) del mes precedente a cosecha (febrero-marzo HS).

Tabla 3
Índice de frescor nocturno

Clase clima	Sigla	Intervalo de clase
Noches cálidas	IF 1	>18° C
Noches templadas	IF 2	14 a 18° C
Noches frescas	IF 3	12 a 14° C
Noches muy frescas	IF 4	<12 ° C

Nota. Tomada de Tonietto (1999).

3.3.2.3 Índice de Sequía (IS)

A continuación, se presenta la fórmula del índice de sequía:

$$IS = W = W_0 + P - TV - ES.$$

Dónde: W =estimación de la reserva hídrica del suelo al momento de la cosecha, W_0 = reserva hídrica inicial útil del suelo explorable por las raíces, P =precipitación acumulada, TV =transpiración potencial del viñedo ($ETP \times K_c$) y ES =evaporación directa a partir del suelo.

Tabla 4
Índice de sequía

Sequía	Clase clima	Sigla	Intervalo de clase
Ausencia	Húmedo	IS 00	>150
	Subhúmedo	IS 0	50 a 150
Presencia	Sequía moderada	IS	-100 a 50
	Sequía fuerte	1 IS 2	-200 a -100
	Sequía muy fuerte	IS 3	<-200

Nota. Tomada de Tonnieto (1999).

3.3.3. Cuantificación del microclima de la Canopia

3.3.3.1. Temperatura y humedad relativa.

Las variables medidas a nivel de la Canopia fueron la temperatura ($^{\circ}$ C) y la humedad relativa (%), para esto se utilizaron sensores data loguer HOBO proseries con un intervalo de medición de una hora. Los termómetros colocados el 12/10/2018 se ubicaron en cada tratamiento sobre el alambre de poda para que sean representativos de las condiciones microclimáticas del racimo.

3.3.3.2. Potencial hídrico foliar de base.

El potencial hídrico foliar de base se midió en 5 fechas diferentes durante el ciclo, en los estados fenológicos de prefloración (21 E-L), cierre de racimo (32 E-L) y en tres fechas durante la maduración, pre y post envero (34 y 36 E-L) y en madurez (38 E-L). Para esta medida se utilizó la cámara de presión de Scholander et al. (1965). Las medidas se hicieron durante las primeras horas de la madrugada (antes del amanecer), con el fin de que las plantas estén en equilibrio hídrico con el contenido de agua en el suelo. Se tomaron 4 hojas adultas por tratamiento y por repetición.

Tabla 5
Caracterización hídrica.

Potencial hídrico foliar de base (Ψ HFB) (MPa)	Potencial hídrico foliar mediodía (Ψ HFB) (MPa)	Nivel de restricción en planta
0	0	Nula a leve
-0,2	-0,8	Leve a media
-0,4	-1,1	Media a fuerte
-0,6	-1,4	Fuerte a severa
-0,8	-1,6	Severa

Nota. Tomada de Ojeda et al. (2008).

3.4. Evaluaciones del crecimiento vegetativo y el rendimiento y estimación de indicadores fisiológicos

3.4.1. Crecimiento vegetativo

3.4.1.1. Superficie foliar expuesta potencial.

La superficie foliar expuesta potencial (SFEp) fue estimada según el método propuesto por Carbonneau (1995). Se seleccionaron tres plantas al azar por cada repetición y luego se le realizó un registro fotográfico a cada una de ellas con un fondo blanco y se registró el ancho, alto y profundidad de la Canopia midiendo en la parte superior de la espaldera. Luego se procedió al cálculo de la porosidad de la Canopia utilizando el software libre CopCal®. Posteriormente los datos obtenidos se ingresaron en una planilla de cálculo para obtener el dato de superficie foliar expuesta por hectárea según la siguiente formula.

$$\text{Fórmula: } SFEp = ((2*H+W) *(1-P)/R)$$

Donde: H (altura de follaje, m), W (ancho de follaje, m), P (porosidad de la Canopia, %) y R (distancia entre filas, m).

3.4.1.2. Peso de poda.

La poda se realizó durante el mes de julio 2019, donde se contabilizaron el número de sarmientos por planta y se pesó la madera del año de las plantas pares mediante una balanza OHAUS EB series. Determinando así el peso de poda en kilogramos por planta.

3.4.2. Rendimiento y sus componentes en cosecha

3.4.2.1. Cosecha.

De cada bloque experimental se cosecharon 7 plantas, luego se contabilizó la cantidad y el peso de los racimos por planta, lo que permitió obtener el peso de cosecha (Kg/Planta). Luego de obtenido el número de racimos por planta de cada tratamiento, se pesó cada racimo y por último se contaron las bayas por racimo para establecer el peso promedio de baya por tratamiento.

3.4.2.2. Compacidad del racimo.

La compacidad de los racimos se estimó en cosecha de manera visual, tomando como referencia cinco categorías según Ipach (2005, como se cita en Molitor et al., 2011a). Se realizaron muestreos de los tratamientos TC, DPF, DC y DE. En esa ocasión se muestrearon 3 racimos por repetición de las plantas pares y se evaluó: 1) número de bayas, 2) peso de racimo (g), 3) peso del raquis (g), 4) ancho del raquis (cm) y 5) largo del raquis (cm).

Tabla 6

Escala de descripción del índice de densidad

Índice	Descripción
1	Muy floja. Bayas no se tocan. Flexión del tallo a 45°- 90° posible
2	Suelta. Bayas se tocan. Flexión del tallo a 45°- 90° posible
3	Estructura en grupo denso. Bayas todavía flexibles. Flexión del tallo a 10°- 45° posible
4	Estructura en grupo compacto. Bayas no flexibles. Flexión del tallo hasta 10°
5	Estructura en grupo muy compacto. Bayas no flexibles. Flexión del tallo no es posible.

Nota. Tomado de categorías de compacidad según Ipach et al. (2005, como se cita en Molitor et al., 2011a).

3.4.3. Índices de respuesta fisiológica

3.4.3.1. Índice de Ravaz.

El índice de Ravaz (1909) es un indicador fisiológico que relaciona la producción de uva en (Kg) con la producción de madera en (Kg) durante un ciclo de crecimiento o

productivo, permite tener un conocimiento del equilibrio vegetativo/reproductivo de la planta. Se calcula utilizando la siguiente formula: $IR = \text{peso cosecha} / \text{peso poda}$ (Ravaz, 1909).

3.4.3.2. Relación superficie foliar/rendimiento.

Se calculó el cociente entre la superficie expuesta potencial (SFEp) y el rendimiento, puesto que el equilibrio entre la producción de hojas y frutas determina la calidad de cosecha. La calidad se considera media-baja cuando esta relación calculada para el período de maduración se encuentra por debajo de 1 – 1,2 M2 de SFE por kilo de uva (Poni, 2005).

3.4.4. Composición de la uva en cosecha

3.4.4.1. Metabolitos primarios.

Los análisis de los metabolitos primarios luego de cosecha se determinaron según protocolo Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV, 2021) determinándose: a) Sólidos solubles totales (SST), por refractometría (Atago, MÁSTER- T, Japón), b) Acidez total, por medición de ácido tartárico utilizando un equipo (PAL-Easy ACID2 Máster Kit, ATAGO) y posteriormente expresado en g H₂SO₄/L, utilizando la regresión: $(y = -0,15 + 10,27 * (\text{acidez}) / 1,53)$ y pH, por potenciómetro (Hanna pH/ORP, HI 2211, USA). Los SST (en °Brix), también se expresaron en contenido de azúcares del mosto, con la conversión usualmente utilizada en Uruguay, establecida en: para obtener 1° alcohólico se consumen 18 g de azúcares/L de mosto.

3.4.4.2. Metabolitos secundarios.

La evaluación del contenido de polifenoles se realizó con muestras tomadas en cosecha sobre 250 bayas por duplicado, conservadas en freezer a -20° C (Panavox, FH-150, China), hasta el momento de su procesamiento. Los análisis se realizaron a partir de uva entera triturada, realizadas con soluciones a pH 1 y a pH 3,2, según metodología propuesta por Glories y Augustin, ajustada por González-Neves (2005). Los índices y parámetros determinados fueron, la riqueza fenólica total (A280), potencial total de antocianos (A_{pH1}), los antocianos extraíbles (A_{pH3.2}) y a partir de éstos se calculó el índice de extractibilidad de los antocianos (%EA). El método utilizado para la estimación del potencial polifenólicos de la uva fue propuesto por Glories y Augustin, modificado por González-Neves (2005). Se utilizó un espectrofotómetro Único S-2150 (New Jersey, USA).

3.5. Evaluaciones

A continuación, en la tabla 7 se presenta un resumen con todas las evaluaciones realizadas, cada una de ellas con su método y el momento del ciclo en el que fue realizada.

Tabla 7
Evaluaciones

Evaluaciones	Método o referencia	Momento del ciclo (E-L modificada)
Parámetros de crecimiento vegetativo		
Superficie foliar expuesta (M ² /Ha)	Carbonneau (1995)	35
Peso de poda (KG/PL)	No corresponde	47
Parámetros de rendimiento		
Rendimiento (KG/PL)	No corresponde	38
Peso de baya (G)	No corresponde	38
Peso del racimo (g)	No corresponde	38
Compacidad del racimo	Ipach (2005, como se cita en Molitor et al., 2011a)	35 y 38
Parámetros de composición		
Sólidos solubles (g/L)	Refractometría	35 y 38
pH	Potenciometría	35 y 38
Acidez total (gH ₂ SO ₄ /l)	Titulación	35 y 38
Potencial antocianico (mg/L de mv-3-g)	Glories y Agustín (1995, como se cita en González-Neves, 2005)	38
Antocianos potencialmente extraíbles (mg/L de mv-3-g)	Glories y Agustín (1995, como se cita en González-Neves, 2005)	38
Riqueza fenólica (A280)	Glories y Agustín (1995, como se cita en González-Neves, 2005)	38
Índices de respuesta		
Potencial hídrico foliar de base	Scholander et al. (1965)	24 a 38
Índice de Ravaz	Champagnol (1984)	47
Relación hoja/fruta	Carbonneau et al., (1978)	35

3.6. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se emplearon los modelos que se describen a continuación (Montgomery, 2010): modelo $Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + \varepsilon_{ij}$. Donde μ es la media

general, β es el efecto de bloques, τ es el efecto de los tratamientos y ϵ es el error experimental.

Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA) y los tratamientos se compararon a través de la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha=0,10$. Además, se realizó un análisis multivariado de componentes principales para comparar el efecto de los distintos tratamientos. Para el análisis de los datos, se utilizó el paquete estadístico Infostat® 2020.

4. Resultados

4.1. Índices bioclimáticos

Según el Banco de datos agroclimáticos de INIA (2024), los registros climáticos de la estación INIA Las Brujas, los índices bioclimáticos calculados para el año en evaluación (2019) y para la serie histórica (1987-2017), establecidos para el período entre el 1° de septiembre al 28 de febrero, fueron los siguientes: índice heliotérmico (IH), índice de sequía (IS) e índice de frescor nocturno (IF). El (IH) de la serie corresponde a un clima templado, valores de 2091 ° C. El valor promedio histórico de (IF) se corresponde a noches templadas, valores de 16,9 °C y el (IS) es moderado, valores de 50.

Tabla 8
Índices bioclimáticos

Índice	Serie histórica (1987-2017)	Registro año de evaluación (2019)
Índice heliotérmico (IH) (°C)	2091 (IH-3)	2165 (IH-4)
Índice de frescor nocturno (IF) (°C)	19,9° C, (IF-2)	16,0° C (IF-2)
Índice de sequía (IS)	50 (IS-1)	74 (IS-0)

4.1.1. Índice heliotérmico (IH)

Considerando el ciclo comprendido (1/9/18 y 27/2/19), la acumulación de grados día por encima de 10 ° C (G10) es de 2165 ° C correspondiente a la categoría “Templado cálido”. Según la definición de Tonietto (1999) este valor se sitúa por encima del valor histórico registrado para la región de estudio, de acuerdo a lo definido por Ferrer (2007) que lo clasifica como “templado”. El valor de este determina que la temperatura durante el ciclo anual fue favorable para el desarrollo de los procesos metabólicos con normalidad, es decir, sin restricciones heliotérmicas para la maduración del cultivar Tannat.

4.1.2. Índice de frescor nocturno (IF)

El índice de frescor nocturno es óptimo situándose en valores de 16° C lo que indica que las noches fueron templadas, según las clases propuestas por Tonietto (1999)

ubicándose entre 14 y 18° C; esto no presenta diferencias con el promedio de la serie histórica según el Banco de datos agroclimáticos de INIA (2024).

4.1.3. Índice de sequía (IS)

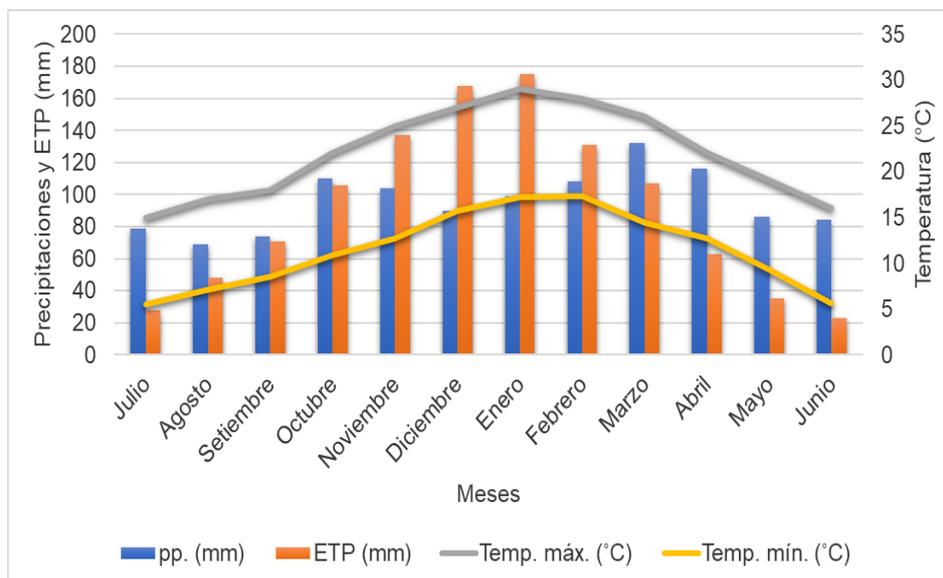
El valor del índice de sequía para el año de evaluación no coincide con la clasificación agroclimática realizada por Ferrer (2007), quien clasifica la región sur con un (IS) moderado, mientras que el año de estudio, presenta mayores precipitaciones (35% por encima de la serie histórica). Esto hizo que el índice varíe de categoría, posicionándose como subhúmedo (IS0).

4.2. Caracterización macroclimática de la zona de estudio

Para la caracterización macroclimática de la región donde fue instalado el ensayo, se analizan los datos del Banco de datos agroclimáticos de INIA (2024) correspondientes a la serie histórica, comprendida entre (1987-2017). La temperatura máxima se registra en el mes de enero con valores diurnos de 29° C y nocturnos de 17 °C, mientras que las mínimas se registran en el mes de julio con valores de 15 °C y 5 °C, respectivamente. Las precipitaciones (PP) tienen una distribución uniforme a lo largo del año, con valores de 1.151 mm acumulados. La evapotranspiración de Penman (ETP) muestra un registro máximo de demanda atmosférica en el mes de enero (175 mm) y mínimo en el mes de junio (23 mm), con un total anual de 1.092 mm. El análisis de las PP y ETP mes a mes, muestra que el período de noviembre a febrero presenta déficit hídrico (-203 mm), acentuando durante el ciclo del cultivo en diciembre (-78 mm) y enero (-76 mm) (Figura 6).

Figura 6

Caracterización climática promedio de los años 1987-2017, de la zona Las Brujas-Canelones



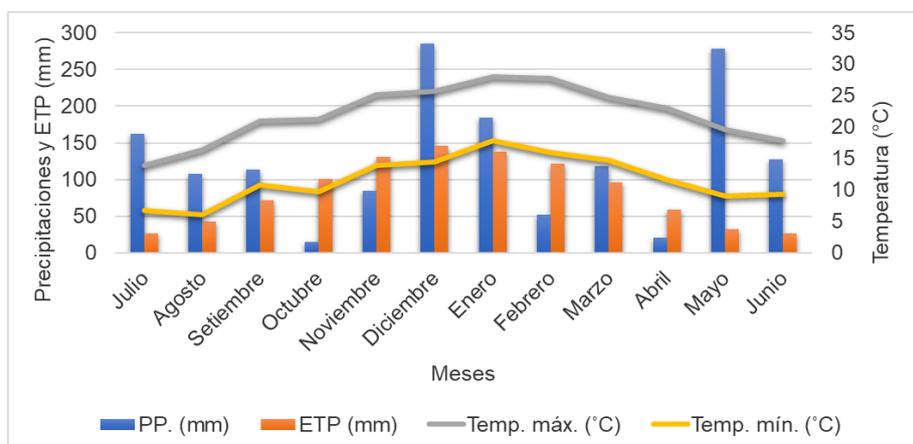
Nota. pp.-precipitaciones, ETP-evapotranspiración de Penman, Temp. máx.-Temperatura máxima, Temp. mín. -Temperatura mínima. Elaborada con base en INIA (2024).

4.3. Caracterización climática del año (2018-2019)

En el período evaluado las temperaturas máxima promedio diurna y nocturna se registran en el mes de enero con 28° C y 18° C, las temperaturas mínimas promedio registradas en el mes de julio con temperaturas diurnas de 14° C y nocturnas para el mes de agosto con 6° C. Las precipitaciones (PP) anuales registradas para el año de estudio son de 1.550 mm, 35 % por encima de la serie estudiada. Las PP registradas durante el ciclo productivo (septiembre-febrero) son de 735 mm, con el máximo registrado en diciembre (286 mm) y el mínimo (15 mm) en octubre. La ETP presentó el menor valor en el ciclo productivo (26 mm) comparado con el período 1987-2017 (-203 mm), destacándose que en diciembre y enero no se registró déficit hídrico.

Figura 7

Registro climático anual de la zona Las Brujas-Canelones (2018-2019)



Nota. pp.-precipitaciones, ETP-evapotranspiración de Penman, Temp. máx.- Temperatura máxima, Temp. mín.- Temperatura mínima. Elaborada con base en INIA (2024).

4.4. Caracterización microclimática de la Canopia

4.4.1. Evolución de la temperatura y la humedad relativa

En la tabla 9, se presenta la evolución de las temperaturas (máximas y mínimas) y la humedad relativa (máxima y mínima) a nivel de la Canopia, ubicados en la zona de racimos. El registro se lleva a cabo durante el ciclo del cultivo, desde la colocación de los termómetros (12/10/18) hasta la cosecha (27/2/19). También se presentan las precipitaciones acumuladas en el período mencionado.

En cuanto a la temperatura promedio se registran los mayores valores durante los meses de enero y febrero, en ocasiones por encima de 30 ° C. En lo que refiere a las temperaturas medias durante los principales eventos fenológicos, cabe resaltar que las mismas fueron cercanas a los 22 ° C en torno a la floración (23 E-L), alcanzando valores superiores a 24 ° C durante cierre de racimo (33 E-L) y 23 ° C en envero (35 E-L), con un marcado descenso sobre la fecha de cosecha 17 ° C (finales de febrero).

La humedad relativa adquiere relevancia en estados críticos del cultivo, donde el ataque de patógenos es más frecuente. Estos son: floración (23 E-L), cierre de racimo (33 E-L), envero (35 E-L) y precosecha (38 E-L). Durante la floración, la humedad relativa media se sitúa entre un (78 y 80 %), 75 % en cierre de racimo, alcanza un 88 % en el envero y desciende a 64 % en la cosecha.

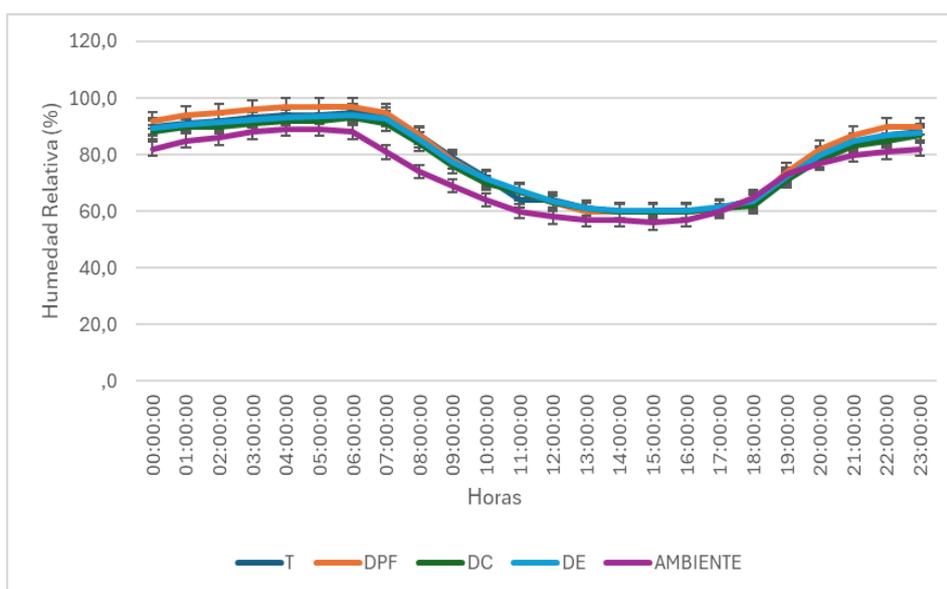
Tabla 9
Caracterización climática de la Canopia

Fichas fenológicas	TC		DPF		DC		DE		T med ambiente	HR med ambiente	PP acumuladas mm
	T (°C) MÁX/M ÍN	HR (%) MÁX/MÍN	T (°C) MÁX/ MÍN	HR (%) MÁX/ MÍN	T (°C) MÁX/ MÍN	HR (%) MÁX/ MÍN	T (°C) MÁX/ MÍN	HR (%) MÁX/ MÍN			
Desborde (15/9) a floración 10/11	24,7 / 11	93,8 / 50,6	25,3 / 11	96,5 / 48,1	25,5 / 10,9	95,5 / 47,4	26,9 / 10,9	94,3 / 47,1	16,8	73,2	142
De floración (10/11) a cuajado (15/11)	26,7 / 17,28	96 / 64,6	27,3 a 17,5	99 / 61,5	27,3 / 17,5	97,6 / 60,3	28,2 / 17,9	96,6 / 59,7	21,4	78,2	35
De cuajado (15/11) a envero (10/1)	27,1 / 14,2	95 / 53,8	27,5 / 14	97,8 / 52	27,5 / 14,1	97,3 / 52,4	28,7 / 14,2	95,8 / 51,6	19,8	70,3	408
De envero (10/1) a cosecha (27/2)	29,2 / 16,6	95,8 / 56	29,7 / 16,2	98,6 / 55,2	29,5 / 16,3	97,2 / 55,1	30,8 / 16,5	96,6 / 54,5	23,3	73,4	150

El análisis por hora de la (HR) en la etapa de maduración se presenta en la Figura 8. Todos los tratamientos desde las 0:00 hasta las 7:00 hrs., presentan una HR superior al 90 %. Por otro lado, a medida que aumenta la temperatura diaria, la humedad relativa disminuyó siendo el valor mínimo alcanzado de 60 % en todos los tratamientos entre las 13:00 hrs. a las 17:00 hrs. A partir de las 18:00 hrs, la (HR) aumenta a valores pero que no superan el 90 %, principalmente el tratamiento DPF, que se muestra por encima de todos los tratamientos.

Figura 8

Evolución horaria de la humedad relativa (%) en maduración, año 2019

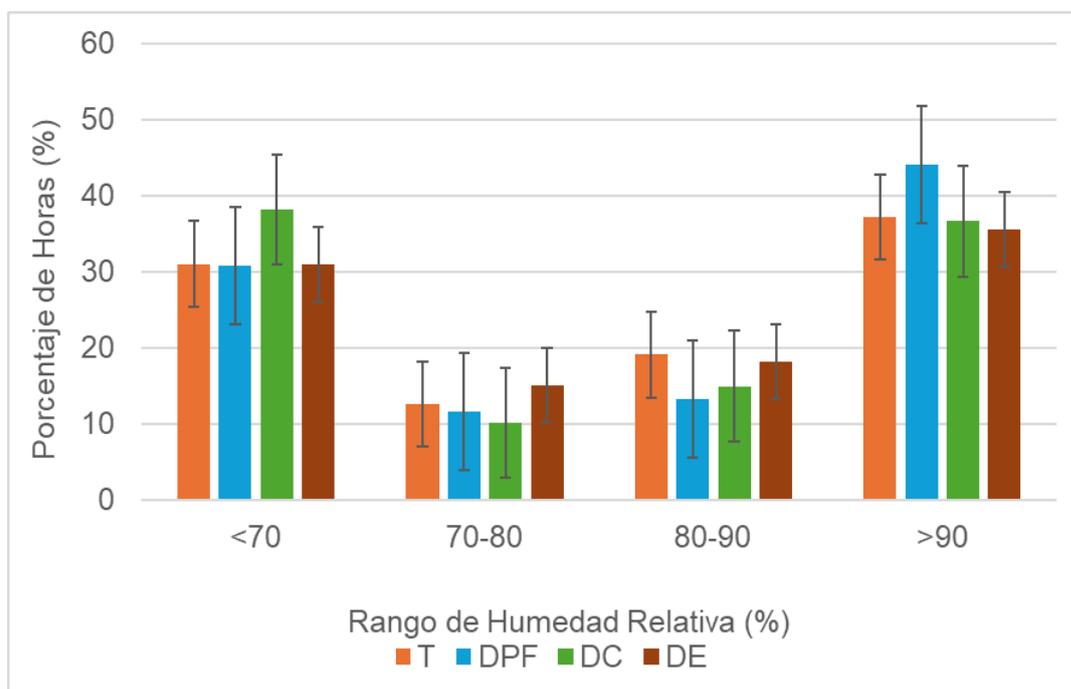


Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

El porcentaje de horas durante la maduración en que la zona de racimo estuvo expuesta a un determinado rango de humedad relativa (%) se presenta en la Figura 9. El tratamiento DPF presenta un 42 % de horas de racimos expuestos a una HR superior al 90 % durante el día, siendo estas condiciones propicias para el desarrollo de enfermedades fúngicas, generando condiciones para su desarrollo.

Figura 9

Porcentaje de horas según rango de humedad relativa (%) año 2019



Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

4.4.2. Potencial hídrico foliar de base

Los tratamientos presentan diferentes niveles de restricciones hídricas en planta y diferentes restricciones hídricas durante el ciclo. Estas restricciones fueron de fuertes a severas a comienzo del ciclo productivo y leves a finales de ciclo.

Las restricciones hídricas en la planta comenzaron a disminuir a medida que ocurrieron las precipitaciones, a partir de noviembre las restricciones pasaron de severas a leves y se mantuvieron leves hasta la cosecha. A continuación, se presentan los resultados del análisis de varianza y el gráfico donde se indica los momentos de medición y el contenido de agua en planta.

A los 55 días después de desborre DDD (10/11/2018), fecha que se corresponde con el período de floración, hubo mayor restricción hídrica durante todo el ciclo del cultivo, con valores de -6,57 Bar del TC y -5,50 Bar del DPF. Luego de esto, a los 102 DDD (27/12/2018) la restricción hídrica pasó de nula a muy leve. A los 130 DDD (24/01/2019) las restricciones fueron nula a media, siendo DC el que presentó la mayor restricción con valores de -0,27 Bar. A los 144 DDD (07/02/2019) y 164 DDD (27/02/2019) las restricciones fueron nulas a muy leves con valores promedio de -1,7 Bar

($p=0,12$) y $-1,6$ Bar ($p=0,05$), respectivamente y sin diferencias entre tratamientos (imagen 10, tabla 10).

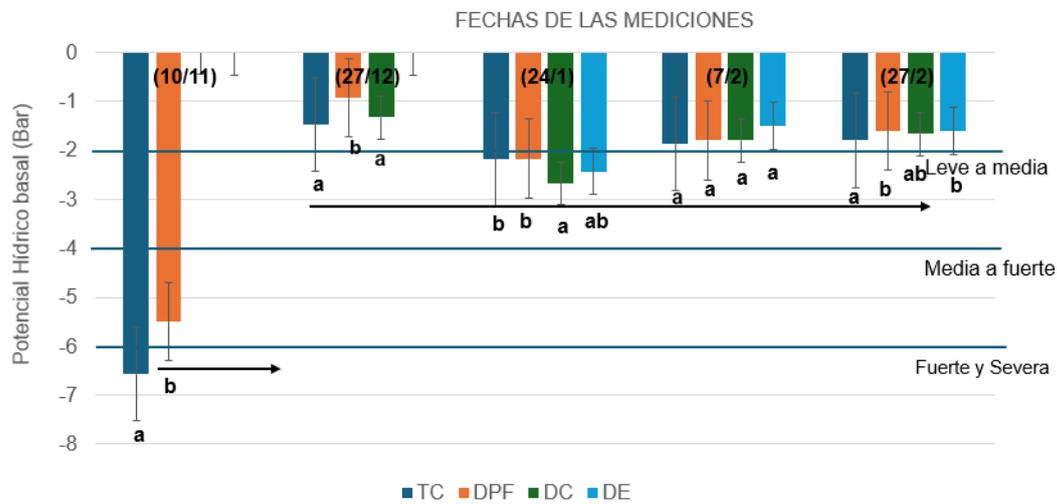
Tabla 10

Potencial hídrico foliar de base medido durante el ciclo

10/11/2018	Ψ HFB (BAR)		Nivel de restricción en planta
	Tratamientos	Medias ranking	
55 DDD	TC	-6,57 A	Fuerte a severa
	DPF	-5,50 B	
	-	-	
	-	-	
	P - valor = 0,0001 / DMS = 0,421		
27/12/2018	Ψ HFB (BAR)		Nivel de restricción en planta
	Tratamientos	Medias ranking	
102 DDD	TC	-1,47 A	Nula a muy leve
	DC	-1,33 A	
	DPF	-0,93 B	
	-	-	
	P - valor = 0,0001 / DMS = 0,304		
29/01/2019	Ψ HFB (BAR)		Nivel de restricción en planta
	Tratamientos	Medias ranking	
130 DDD	DC	-2,67 A	Nula a media
	DE	-2,43 AB	
	DPF	-2,17 B	
	TC	-2,17 B	
	P - valor = 0,316 / DMS = 0,316		
07/02/2019	Ψ HFB (BAR)		Nivel de restricción en planta
	Tratamientos	Medias ranking	
144 DDD	TC	-1,87 A	Nula a leve
	DC	- 1,8 A	
	DPF	- 1,8 A	
	TC	-147 A	
	P - valor = 0,12 / DMS = 0,420		
27/02/2019	Ψ HFB (BAR)		Nivel de restricción en planta
	Tratamientos	Medias ranking	
164 DDD	TC	-1,77 A	Nula a leve
	DC	-1,68 AB	
	DPF	-1,6 B	
	DE	-1,6 B	
	P - valor = 0,051 / DMS = 0,157		

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0,10$). DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en enero (35 E-L) y testigo. DDD- Días desde el desborre.

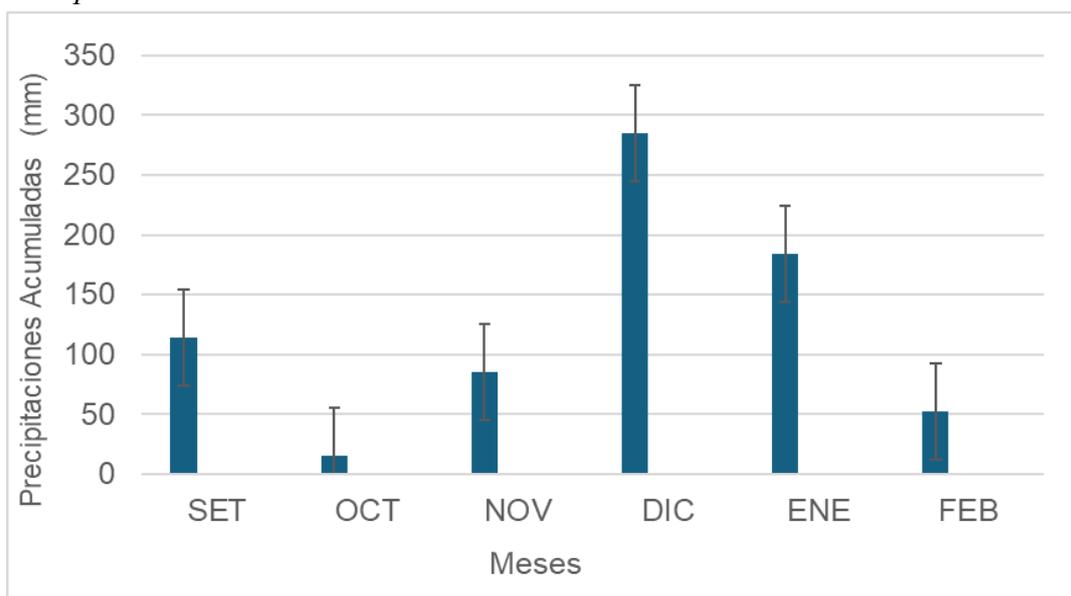
Figura 10
Potencial hídrico foliar de base



Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en enero (35 E-L) y testigo.

En la siguiente figura se presentan las precipitaciones acumuladas durante todo el ciclo de cultivo, donde puede observarse claramente que: en los meses donde menos precipitaciones hubieron (octubre y noviembre) corresponde al momento de restricción fuerte a severa del potencial hídrico foliar de base. Luego, durante los meses de diciembre y enero principalmente, las precipitaciones acumuladas fueron abundantes y eso se refleja en una restricción hídrica leve (figuras 10 y 11).

Figura 11
Precipitaciones acumuladas durante el ciclo



En cuanto a las precipitaciones acumuladas durante el ciclo del cultivo se registró un caudal total de 735 mm situándose muy por encima de la media histórica (576 mm), lo que marca claramente que fue una temporada muy lluviosa. La máxima concentración de precipitaciones ocurre durante el mes de diciembre con acumulados de 286 mm representando un 40% del total precipitado durante todo el ciclo. Por último, la precipitación acumulada durante el mes previo a cosecha (febrero) fue de unos 52 mm situándose muy por debajo de la media histórica registrada para ese mes (90 mm).

4.5. Efecto de los tratamientos en variables de respuesta agronómica

4.5.1. Superficie foliar expuesta potencial

La superficie foliar expuesta potencial (SFEp) expresada en m²/Ha y determinada en enero (35 E-L) presenta diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,001$) y ($dms=553,4$). Los deshojados en cuajado y envero (DC y DE) tuvieron medias superiores al deshojado prefloración y al testigo (DPF y TC). Los valores de SFEp se ubican en un rango de 5.250 y 6.561 M²/Ha.

Tabla 11

Superficie foliar expuesta potencial

Tratamientos	SFE p (M ² /Ha)
DC	6561 A
DE	6510 A
DPF	5709 B
TC	5250 B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0-10$)

4.5.2. Rendimiento y componentes

La variable rendimiento (kg/pl) presenta diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,085$), donde el TC se destaca de los demás con un rendimiento promedio mayor, del 25 % comparado al DPF, DC y DE. En cuanto al peso de racimos por planta ($p=0,06$) y al peso de bayas ($p=0,03$) ocurrió lo mismo, pero con diferencias menos marcadas, donde el TC es significativamente superior a los demás tratamientos.

Tabla 12
Componentes del rendimiento por tratamiento

Tratamientos	Rendimiento (KG/PL)	Peso de baya (g)	Peso de racimos (g)
TC	3,558 A	1,94 A	278,2 A
DPF	2,854 B	1,92 AB	268,7 AB
DC	2,653 B	1,85 AB	247 AB
DE	2,522 B	1,83 B	201, B

4.5.3. Compacidad del racimo

La compacidad de racimo medida en cosecha considera cuatro variables que explican en gran medida la compactación de los racimos, estas son: pesos de racimo, el número de bayas por racimo, peso de baya y peso de raquis.

Para el peso de racimo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,18$ y $dms=133$), para el peso de bayas y el peso del raquis no existieron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,17$ y $dms=129,1$) y ($p=0,09$ y $dms=5,67$) respectivamente. El número de bayas por racimo sí presenta diferencias significativas ($p=0,10$), el deshojado en envero DE obtuvo el mayor promedio y el DPF el menor número de bayas por racimo (Tabla 13).

En el análisis de compacidad de los racimos por tratamiento se observa que la mayor proporción de los valores del índice según la escala de Ipach et al. (2005, como se cita en Molitor et al., 2011a) son los valores 5 y 4 respectivamente. Las características de estas dos clases describen una estructura de racimo compacto y muy compacto, con bayas no flexibles y sin flexión de tallo o posible solamente en 10° . En la imagen 12 pueden observarse las frecuencias de cada clase por tratamiento.

Tabla 13
Compacidad del racimo

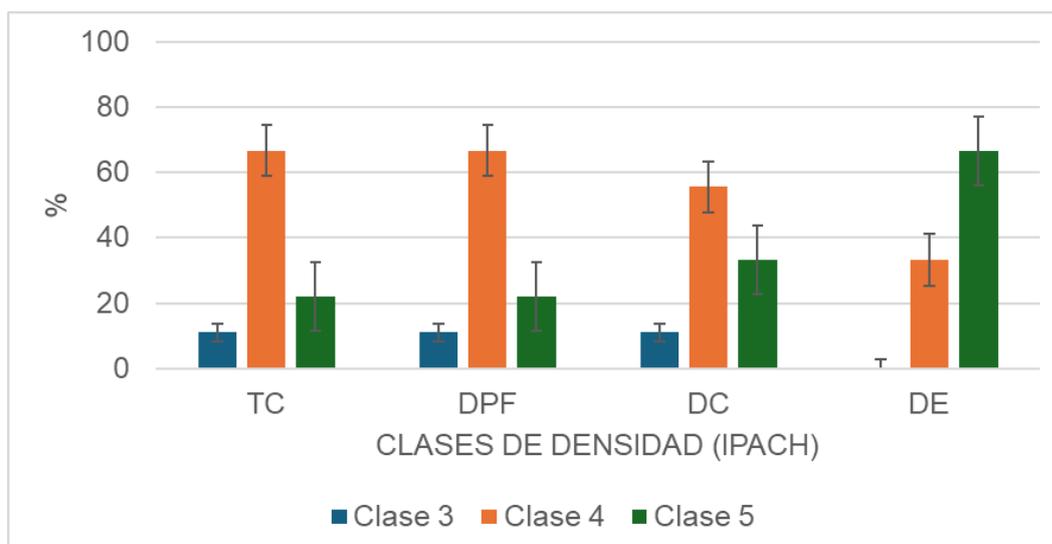
Tratamientos	Peso racimo (G)	Peso bayas (G)	Peso raquis (G)	Número de bayas (N. *)	Frecuencias de clase según escala Ipach et al. (2005)
TC	395,5 A	376,2 A	14,1 A	222 AB	66,7% (4), 22,2% (5) y 11,1 (3)
DPF	279,9 A	266 A	10,1 A	159 B	66,7% (4), 22,2% (5) y 11,1 (3)
DC	341,1 A	332,4 A	9,2 A	212 AB	55,6% (4), 33,3% (5) y 11,1% (3)
DE	382,4 A	369,3 A	13,1 A	250 A	66,7% (5) y 33% (4)

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0,10$).

Tomado de Ipach et al. (2005, como se cita en Molitor et al., 2011a)

Figura 12

Frecuencia de clases de compactad por tratamiento



Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

4.5.4. Índices fisiológicos

4.5.4.1. Relación entre superficie foliar y rendimiento (SFEp/Rend).

Para la relación SFEp/Rend, los tratamientos DPF, DC y DE presentaron diferencias significativas ($p=0,001$) en relación con el testigo comercial. En el siguiente cuadro se observan las diferencias de medias para la relación entre la superficie foliar expuesta (SFE) y el rendimiento de cosecha en kilogramos por planta. Los valores de SFE se ubican en un rango de 5250 m²/ha y 6510 m²/ha, y los valores de rendimiento en un rango de 2,5 Kg/pl a 3,5 Kg/pl. Sin ser el testigo, los demás tratamientos se ajustan a valores de equilibrio vegeto-productivo para el índice SFE/R de entre (0,8 y 1,2 m²/Kg).

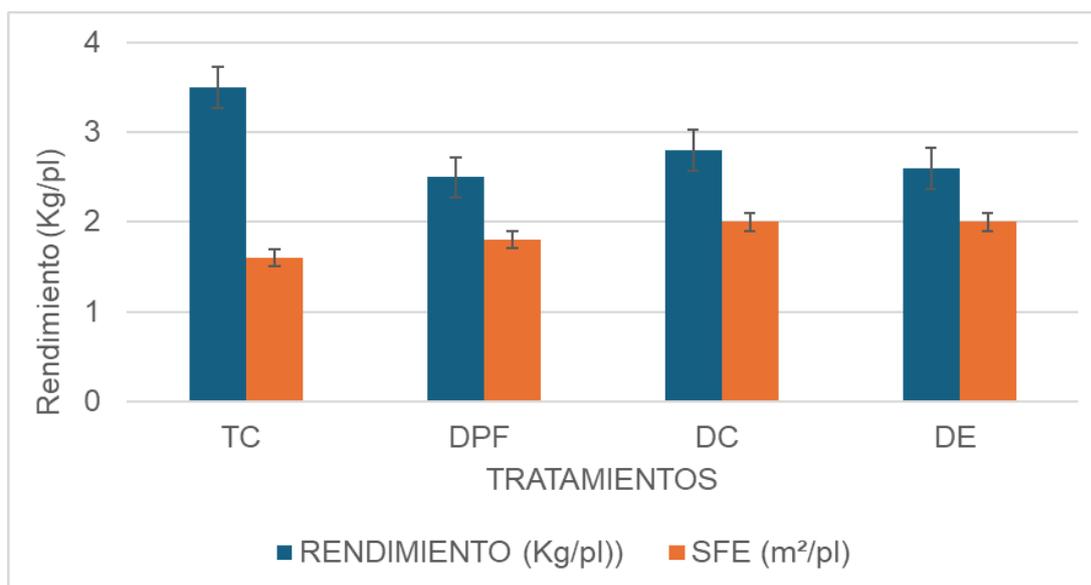
Tabla 14

Índice SFE/Rendimiento y diferencia de medias

Tratamientos	Índice SFE/REND	Medias
DE	0,95	A
DPF	0,91	A
DC	0,9	A
TC	0,53	B
Turkey ($p < 0,10$)	P-valor = 0,001	DMS = 0,189

A continuación, en la figura 13 se muestra una comparación entre la superficie foliar expuesta por planta (m²) y el rendimiento por planta (Kg) para todos los tratamientos, donde se observa la diferencia en relación con el rendimiento por planta del testigo con los deshojados.

Figura 13
SFE y rendimiento

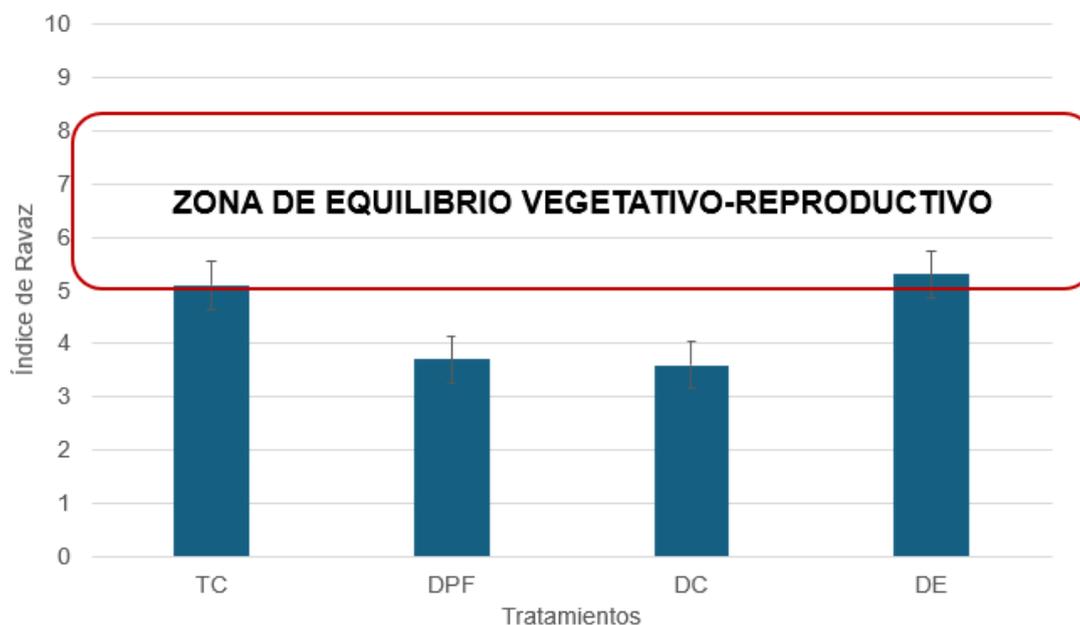


Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

4.5.4.2. Índice de Ravaz.

En la figura 14 se observa el índice de Ravaz (IR), donde no se encontraron diferencias significativas ($p= 0,208$) entre tratamientos. Sin embargo, y de acuerdo con lo mencionado por Ferrer et al. (1997), los valores de IR entre 5 y 8 representan una situación de equilibrio vegetativo/reproductivo de las plantas capaz de sustentarse en el tiempo. Por lo que, algunos tratamientos como el DC y el DPF se encuentran desajustados fisiológicamente, donde la producción vegetativa medida como peso de poda es mayor a la producción de uva.

Figura 14
Índice de Ravaz.



Nota. DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

4.6. Composición de la baya en cosecha

A continuación, en las tablas 15 y 16 se presentan los datos de la composición química de las bayas en cosecha, primero se muestran metabolitos primarios y su descripción y luego los secundarios con su respectiva descripción.

4.6.1. Metabolitos primarios

El contenido de azúcares expresado en g/l medidos en cosecha no presentó diferencias significativas ($p=0,207$) entre tratamientos. El pH del mosto evaluado en cosecha presenta diferencias significativas ($p=0,091$), donde el deshojado en envero (DE) presenta mayor valor en comparación al deshojado en cuajado (DC). La acidez en ($\text{gH}_2\text{SO}_4/\text{L}$) sí presenta diferencias significativas ($p=0,207$) entre tratamientos, donde el DC presenta valores superiores y el DE los menores valores de acidez, tabla 15.

Tabla 15
Análisis de metabolitos primarios en cosecha.

Tratamientos	Azúcares (g/L)	pH	Acidez ($\text{g}_2\text{SO}_4/\text{L}$)
TC	227,80 A	3,31 AB	5,40 AB
DPF	221,60 A	3,31 AB	5,30 BC
DC	222,40 A	3,30 B	5,70 A
DE	221,0 A	3,32 A	5,10 C

4.6.2. Metabolitos secundarios

La composición polifenólica muestra diferencias significativas entre tratamientos. El potencial antocianico medido a (pH1) presenta diferencias estadísticas entre tratamientos ($p= 0,0001$), donde el DC es superior, seguido por el DPF y DE, mientras que el TC presenta los menores contenidos. En cuanto a los antocianos extraíbles, medidos a pH 3,2 la tendencia es similar, siendo DC y DPF los tratamientos que se destacan sobre los demás ($p= 0,054$). El porcentaje de extractibilidad (EA%) y el índice de polifenoles totales (IPT) no presentan diferencias significativas entre los tratamientos, ($p= 0,06$) y ($p= 0,386$) respectivamente.

Tabla 16

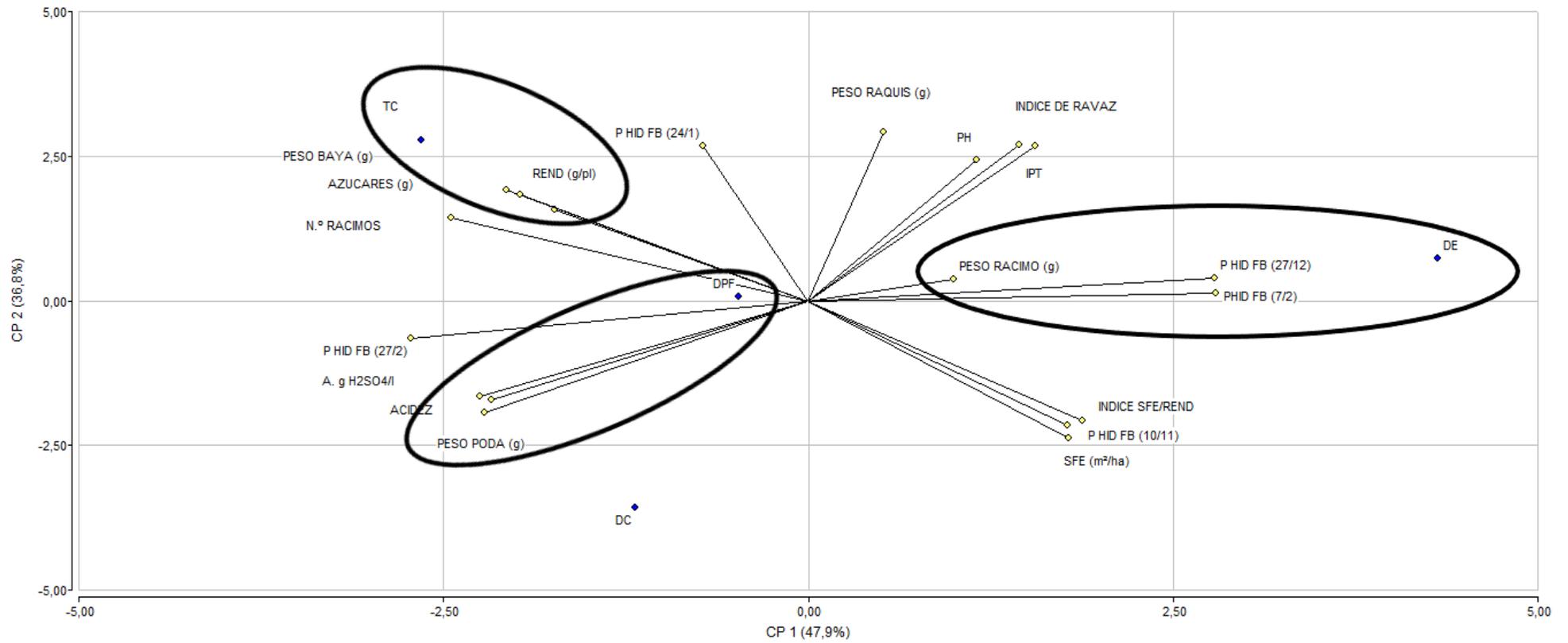
Análisis de metabolitos secundarios en cosecha.

Tratamientos	Potencial en antocianos totales (ApH1)	Potencial en antocianos extraíbles (ApH3,2)	Riqueza renólica de la uva (UA)	EA (índice de extractibilidad e)
DC	1896,3 A	602,1 A	73,0 A	68,1 A
DPF	1611,6 AB	579,3 A	70, 1 A	65,6 A
DE	1302, AB	516,1 AB	68, 4 A	64,3 A
TC	1080,2 C	369,6 B	62,1 A	60,0 A

4.7. Componentes principales

El análisis de componentes principales (figura 15) muestra la agrupación de las distintas variables de respuesta según tratamientos. En el componente principal 1 (CP1) explicando el 50,6 % de la variabilidad total y en el componente principal 2 (CP2) el 34,1% restante. En el primer caso, se separó el tratamiento TC de los demás (DPF, DC y DE), asociándolo con la variable rendimiento (REND). Mientras que el tratamiento DPF se asoció con el peso de poda, el DC con la superficie foliar específica (SFE) y el índice SFE/REND, y por último el DE se asoció con el peso de racimo.

Figura 15
Análisis de los componentes principales (ACP)



5. Discusión

5.1. Caracterización microclimática

Durante el ciclo de cultivo (2018-2019), se registraron temperaturas máximas de 28°C durante el día y 18°C durante la noche. Estas temperaturas no mostraron diferencias significativas en comparación con la serie histórica de acuerdo a INIA (2024). Sin embargo, al examinar los índices bioclimáticos, se observaron algunas variaciones interesantes. La acumulación térmica (índice IH) según lo propuesto por Tonietto (1999), fue favorable para alcanzar la madurez tecnológica de las uvas. Algunos índices, como el índice heliotérmico (IH), cambiaron de categoría durante el año de evaluación, pasaron de ser “templados” a “templados cálidos”, siguiendo la caracterización de Tonietto y Carbonneau (2004). En cuanto al índice de sequía (IS), excepto en las etapas iniciales del ciclo, no se presentaron restricciones hídricas. Además, este índice también cambió de categoría durante el año de evaluación, pasando de “moderado” (IS1) a “subhúmedo” (IS0) debido a la gran cantidad de agua precipitada en el período de evaluación.

En el caso del factor hídrico, las condiciones climáticas en 2018-2019 se caracterizaron por un régimen de precipitaciones sin déficit en las primeras etapas del ciclo. Esto difiere de lo calculado en la serie histórica (1987-2017). De hecho, las precipitaciones fueron un 35% superior al promedio de la serie, llegando a ser excesivas en algunos momentos del ciclo.

5.2. Caracterización microclimática de la Canopia

A nivel microclimático, el efecto de los deshojados incide directamente sobre la temperatura de la Canopia, aumentándola en comparación a la temperatura ambiente. Esto coincide con lo reportado por varios autores, que reducir la densidad de follaje con el deshojado, aumenta la exposición, la temperatura y la cantidad de luz en la zona del racimo (Muñoz et al., 2002; Piccardo, 2008; Smart & Robinson, 1992; Tardáguila et al., 2010). Esto puede verse claramente en el período de maduración, cuando se realizó el último deshojado en enero donde la temperatura evaluada en ese tratamiento es superior a los demás (tabla 9).

La humedad relativa de la Canopia determinada en el período maduración, muestra diferencias de los tratamientos respecto al ambiente. La comparación entre los tratamientos muestra que el deshojado prefloración DPF es el que presenta mayor porcentaje de humedad. Esto está indicando que los deshojados aumentan la temperatura

de la Canopia, la eficiencia de la tasa fotosintética, el crecimiento compensatorio de las hojas y esto ocurre principalmente en los deshojados tempranos (Palliotti et al., 2011). Esta respuesta elevaría la humedad relativa de la Canopia en fase de maduración (tabla 9, figuras 8 y 9).

En relación con la disponibilidad hídrica, medida a través del potencial hídrico foliar de base y caracterizado según Ojeda et al. (2008), durante el año de la evaluación la restricción catalogada como de fuerte a severa (55 DDD) ocurre a principio del ciclo durante el período de floración (figura 10). Luego, a partir de ese momento no se registran restricciones hídricas significativas hasta cosecha.

Los valores de potencial hídrico foliar de base, registrados en floración (55 DDD) muestran valores menores de restricción del TC en relación al DPF, esto se debe a que las viñas recientemente defoliadas presentan una menor superficie evapotranspirante por lo tanto menor pérdida de agua y mayor eficiencia de uso del agua (WUE).

Los niveles de estrés hídrico alcanzados en el período de floración podrían operar como una herramienta para desvigorizar las plantas, ya que la máxima tasa de crecimiento del pámpano se registra en este período del ciclo fenológico, por tanto un estrés severo en etapas tempranas del ciclo implicaría una merma del crecimiento vegetativo con una probable disminución del rendimiento, aunque con posibles efectos negativos en los fenómenos fisiológicos como la inducción floral (Ferreyra et al., 2003).

Por otra parte luego del envero las viñas que fueron defoliadas previo a floración muestran un nivel de estrés menos acusado que las viñas no defoliadas, esto podría explicarse por un efecto sinérgico dado por una Canopia con menor superficie evapotranspirante y una menor eficiencia de las hojas del tratamiento DPF a causa de una mayor edad de las mismas.

5.3. Influencia del deshojado en la expresión vegetativa

En lo que respecta al desarrollo vegetativo de las plantas y la producción de área foliar, la superficie foliar expuesta (SFEp) presentó diferencias significativas entre tratamientos, donde los deshojados en cuajado (DC) y en envero (DE) fueron superiores al testigo (TC) y deshojado prefloración (DPF). El deshojado pre-floración fue el que obtuvo menor valor debido a que recibió una fuerte defoliación tempranamente en el ciclo y además en condiciones de estrés hídrico fuerte a severo, siendo el que menos área foliar pudo recuperar. Estos resultados coinciden con Poni et al. (2006), Orio (2010) y Diago

(2010). Para los deshojados en cuajado y envero que fueron los que presentaron mayor superficie foliar expuesta potencial, los mismos autores mencionados comprobaron un aumento notorio en el crecimiento de las feminelas luego de que se produjo el deshojado en cuajado principalmente, lo cual parecería ser la principal causa de la compensación en el crecimiento vegetativo. Aunque el comportamiento puede variar entre años y entre variedades, tal como es reportado por Diago (2010). Además, este efecto compensatorio pudo verse favorecido por las altas precipitaciones ocurridas durante el ciclo de cultivo, fundamentalmente en diciembre y enero.

5.4. Influencia del deshojado en el rendimiento y sus componentes

Con respecto al rendimiento obtenido en cosecha para los distintos tratamientos, es propicio mencionar que se observaron diferencias significativas entre ellos. El testigo, tratamiento sin deshojar, logro la mayor media en Kg/pl y además los mayores valores en peso de baya y peso de racimo. Esto permite visualizar que los deshojados afectaron el rendimiento para el año en estudio, ya que se marcan diferencias con relación al testigo sin deshojar. El DPF mostró una merma del 20% respecto al TC coincidiendo con los rangos manejados por Poni et al. (2006), Molitor et al. (2011b). El peso de bayas y peso de racimos no se vio afectado por ninguno de los tratamientos.

La compacidad de racimo no presentó diferencias significativas para el peso de racimo y peso de bayas por racimo. Sin embargo, para el número de bayas por racimo sí, las diferencias fueron claras respecto al DPF, el deshojado prefloración presentó el menor promedio. Este tratamiento habría logrado disminuir la disponibilidad de carbono a nivel de inflorescencias y en consecuencia provocó una disminución del número de bayas por racimo. En este caso, para el DPF pudo darse un estrés inicial generado por la remoción severa de sus hojas basales en un estadio de desarrollo muy prematuro, luego un aborto de flores y frutos recién cuajados, lo que resulta en menor cantidad de asimilados para el crecimiento de un menor número de bayas por racimo.

5.5. Influencia del deshojado sobre los índices de respuesta

Los tratamientos influyeron sobre el equilibrio vegetativo-reproductivo de las plantas, para el índice de Ravaz no registró diferencias significativas entre tratamientos. Este índice permitió observar que en general las plantas estaban desequilibradas hacia el componente vegetativo, a excepción del TC y DE que se acercaron al equilibrio,

obteniendo valores similares a los reportados por Ferrer et al. (1997) para el cultivar Tannat (entre 5 y 8).

En cuanto a la relación entre la superficie foliar expuesta potencial (SFE_p) y el rendimiento de cosecha en kilogramos por planta, para este índice los tratamientos DPF, DC y DE presentaron diferencias significativas en relación con el testigo. Los valores de SFE se ubican en un rango de 5250 m²/ha y 6510 m²/ha, y los valores de rendimiento en un rango de 2,5 Kg/pl a 3,5 Kg/pl. Sin ser el testigo, los demás tratamientos se ajustan a valores de equilibrio vegeto-productivo para el índice SFE/R de entre (0.8 y 1,2 m²/Kg) para el cultivar Tannat (Coniberti et al., 2014). Como las plantas estaban desequilibradas hacia lo vegetativo, los deshojados lograron corregir y acercarse al equilibrio vegetativo-reproductivo.

5.6. Influencia del deshojado en la composición química de la baya en cosecha

En cosecha, la concentración de azúcares no presenta diferencias entre los tratamientos, en acuerdo con Ferrer et al. (2011), quienes reportan que, para el Sur del país, la concentración de azúcares depende de las condiciones climáticas del año, indicando que esta variable está fuertemente influenciada por el efecto año y no tanto por un efecto del tratamiento.

La acidez titulable presenta diferencias entre los tratamientos, donde el DE es el que presenta menor acidez en cosecha. Esta respuesta puede deberse a que, a mayor exposición de los racimos, producto del deshojado, aumente la exposición de estos a la luz, incrementando la temperatura, provocando mayor degradación del ácido málico, en coincidencia con lo reportado por Piccardo (2008), Bobeica et al. (2015). Por otra parte, el tratamiento DC, es el tratamiento que presenta mayor nivel de acidez, en coincidencia con Poni et al. (2006), quienes reportan que al realizar deshojados en cuajado aumenta el contenido de ácido tartárico. Sin embargo, no coincide con lo reportado por Tardáguila et al. (2010) y Verdenal et al. (2013) que indican que realizar deshojados en cuajado disminuyen la acidez en cosecha.

Con respecto al pH, los tratamientos no presentan diferencias, además, que 3,3 es un valor que se toma como criterio de cosecha. En coincidencia con Carrosio et al. (2005), Piccardo (2008), Arrillaga (2017, 2021), los deshojados independientemente de la fecha con la que se realiza, no afecta el pH.

En cuanto a la síntesis de metabolitos secundarios, la composición fenólica, las concentraciones de antocianos potenciales y extraíbles medidos en cosecha presentaron diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto al potencial en antocianos totales (ApH1) el DC fue el tratamiento que se destacó sobre el resto, seguido por el DPF y DE. En cuanto al potencial en antocianos extraíbles (ApH3,2) la tendencia fue similar, siendo DC y DPF los tratamientos que destacaron sobre los demás. El índice de extractibilidad y la riqueza fenólica no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

6. Conclusiones

La técnica de deshojado, de acuerdo con el momento y la intensidad con que se realizó, modificó el microclima del racimo favoreciendo la exposición de estos, siendo temperatura, luz y humedad relativa los parámetros más afectados.

Las condiciones del año fueron particulares en cuanto al régimen hídrico, donde las precipitaciones fueron un 35% más que el promedio de la serie histórica estudiada. Esto generó como consecuencia una reposición del área foliar en los tratamientos, influyendo en la superficie foliar expuesta potencial. Además, se desarrolló un ciclo de cultivo sin restricción hídrica en general, a excepción del período de floración puntualmente donde el estrés fue de fuerte a severo.

La compacidad del racimo se asoció al número de bayas por racimo. El peso de bayas, peso de raquis y peso de racimos no lograron diferencias significativas. En este estudio los tratamientos no se mostraron efectivos, sin embargo, el deshojado prefloración logró un menor número de bayas por racimo y racimos menos compactos con valores de 3 (estructura en grupo denso; bayas todavía flexibles; flexión del tallo a 10° a 45° posible), 4 (estructura en grupo compacto; bayas no flexibles; flexión del tallo hasta 10° posible) y 5 (estructura en grupo muy compacto; bayas no flexibles; flexión del tallo no es posible), según la escala de Ipach et al. (2005 como se cita en Molitor et al., 2011a).

Los indicadores fisiológicos como el Índice de Ravaz y la relación hoja/fruto demostraron que, las plantas sobre las cuales se realizó el ensayo estaban desequilibradas, a excepción del deshojado en enero (DE) que logró mejorar el equilibrio (vegetativo/reproductivo) de las plantas, las cuales se encontraban volcadas hacia el lado vegetativo. Esta práctica puede ser utilizada como alternativa de manejo si el objetivo del viticultor es bajar el vigor de las plantas de un viñedo.

Los deshojados lograron disminuir el rendimiento un 20% en comparación al testigo sin deshojar.

Los deshojados inciden significativamente sobre los compuestos polifenólicos evaluados en cosecha, modificando y favoreciendo la concentración y acumulación de antocianos (potenciales y extraíbles), respecto al testigo. El DC es el tratamiento que presenta mayor concentración y acumulación de antocianos.

La práctica de deshojado resultó ser una herramienta muy importante a tener en cuenta dentro del manejo integral del viñedo, donde la necesidad de realizarla, el

momento, su intensidad y la forma dependerán de las características particulares de cada viñedo.

7. Bibliografía

- Álvarez, T. (1909). *Viticultura general*. Dormaniche y Reyes.
- Andrade, I., Pedroso, V., Martins, S., Brites, J., & Lopes, C. (2001). Influence de l'effeuillage sur le comportement du cepage "Ja yn" dans la region de Dao. En Groupe d'Étude des Systèmes de Conduite de la Vigne (Ed.), *2èmes Journées GESCO: Compte rendu* (pp. 431-436). AGRO Montpellier.
- Andrades, M. (1990). Fisiología de la maduración de la uva. *Viticultura y Enología Profesional*, 9, 21-30.
- Arrillaga, L. (2017). *Aplicación de técnicas para reducir la compacidad del racimo de la variedad Tannat y análisis de sus efectos sobre el rendimiento, la sanidad y la composición de la baya* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/18677>
- Arrillaga, L. (2021). *Estudio de la interacción ambiente-planta y técnicas de cultivo sobre el rendimiento, la composición y sanidad de uvas Tannat (Vitis vinifera L.)* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/31656>
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (Coords.). (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal* (2ª ed.). McGraw-Hill.
- Balsari, P., & Scienza, A. (2004). *Formas de cultivo de la vid y modalidades de distribución de los productos fitosanitarios*. Mundi Prensa.
- Bidault, J. M. (Ed.). (2001). *Les cahiers itineraires: L'effeuillage de la vigne*. ITV France.
- Bledsoe, A. M., Kliewer, W. M., & Marois, J. J. (1988). Effects of timing and severity of leaf removal on yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 39(1), 49-54. <http://doi.org/10.5344/ajev.1988.39.1.49>
- Bobeica, N., Poni, S., Hilbert, G., Renaud, C., Gomes, E., Delrot, S., & Dai, Z. (2015). Differential responses of sugar, organic acids and anthocyanins to source-sink modulation in Cabernet Sauvignon and Sangiovese grapevines. *Frontiers in Plant Science*, 6, Artículo e382. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00382>

- Bogicevic, M., Maras, V., Mugoša, M., Kodžulović, V., Raičević, J., Šučur, S., & Failla, O. (2015). The effects of early leaf removal and cluster thinning treatments on berry growth and grape composition in cultivars Vranac and Cabernet Sauvignon. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2(1), Artículo e13. <https://doi.org/10.1186/s40538-015-0037-1>
- Buttrose, M. S. (1966). The effect of reducing leaf area on the growth of roots, stems and berries of Gordo grapevines. *Vitis*, 5(6), 455-464. <https://doi.org/10.5073/vitis.1966.5.455-464>
- Buttrose, M. S. (1970). Fruitfulness in grape vines: The response of different cultivars to light, temperature and daylength. *Vitis*, 9(2), 121-125. <https://doi.org/10.5073/vitis.1970.9.121-125>
- Cameron, W., Petrie, P. R., Barlow, E., Howell, K., Jarvis, C., & Fuentes, S. (2021). A comparison of the effect of temperature on grapevine phenology between vineyards. *OENO One*, 55(2), 301-320. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4599>
- Candolfi-Vasconcelos, M. C., Candolfi, M. P., & Werner, K. (1994). Retranslocation carbon reserves from the woody storage tissue into the fruit as a response to defoliation stress during the ripening period in *Vitis vinifera*. *Planta: An International Journal of Plant Biology*, 192(4), 567-573. <https://doi.org/10.1007/BF00203595>
- Carbonneau, A. (1992). La teneur en sucres du raisin. *Le Progress Agricole et Viticole*, 109(22), 495-501.
- Carbonneau, A. (1995). La surface foliaire exposée: Guide pour sa mesure. *Le Progrès Agricole Viticole*, 112(2), 204-212.
- Carbonneau, A. (1998). Irrigation, vignoble et produits de la vigne. En J. R. Tiercelin (Ed.), *Traité d'irrigation* (pp. 257-276). Avoisier.
- Carbonneau, A., Castelarín, P., & Leclair, P. (1978). Attempt to define, by the whole plant biology, essential relationships between natural bioclimate, vine physiology and grape composition: Methodology and first results on training systems. *Annales de l'Amélioration des Plantes*, 28(2), 195-221.

- Carbonneau, A., & Torregrosa, L. (2020). *Traité de la vigne: Physiologie, terroir, culture* (3^a ed.). Dunod.
- Carrosio, B., Grenni Ravioco, R., & Peluffo Fourment, F. (2005). *Influencia del deshojado en dos momentos fenológicos del ciclo de la vid *Vitis vinifera* cv. Tannat, en la producción, la composición de la uva y el mosto y en *Botrytis cinerea** Pens [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/36724>
- Champagnol, F. (1984). *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Dhean.
- Chovelon, M. (1999). L'effeuillage précoce en raisin de table. *L'Arboriculture Fruitière*, (527), 31-35.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A., Tavares, R., Sousa, M., Agasse, A., Delrot, S., & Gerós, H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food*, 1(1), 1-22. <https://hdl.handle.net/1822/6820>
- Coniberti, A., Disegna, E., & Ferrari, V. (2014). *El balance del Tannat en el sur de Uruguay: Manual para la caracterización y el ajuste del manejo del viñedo*. INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3806/1/st-219-2014.pdf>
- Coombe, B. (1962). The effect of removing leaves, flowers and shoot tips on fruit-set in *Vitis vinifera* L. *Journal of Horticultural Science*, 37(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/00221589.1962.11514023>
- Coombe, B. (1987). Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*, (206), 23-47. <http://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.1987.206.1>
- Coombe, B. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43(1), 101-110. <http://doi.org/10.5344/ajev.1992.43.1.101>
- Coombe, B. (1995). Growth stages of the grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 104-110. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>

- Coombe, B., & Hale, C. (1973). The hormone content of ripening grape berries and the effects of growth substance treatments. *Plant Physiology*, 51(4), 629-634.
<https://doi.org/10.1104/pp.51.4.629>
- Coombe, B., & McCarthy, M. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 131-135.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00171.x>
- Correia, M. J., Chaves, M. M. C., & Pereira, J. S. (1990). Afternoon depression in photosynthesis in grapevine leaves: Evidence for a high light stress effect. *Journal of Experimental Botany*, 41(4), 417-426.
<https://doi.org/10.1093/jxb/41.4.417>
- Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V. A., Bonnardot, V., & Van Leeuwen, C. (2005). Grapevine responses to terroir: A global approach. *OENO One*, 39(4), 149-162.
<https://doi.org/10.20870/oeno-one.2005.39.4.888>
- Diago, M. (2010). *Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para el control del rendimiento productivo de la vid (Vitis vinifera L.): Efectos sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y del vino* [Disertación doctoral, Universidad de la Rioja]. Digital.CSIC. <http://hdl.handle.net/10261/45304>
- Diago, M., Martínez, F., & Tardáguila, J. (2009). Disminución de la producción, de la compacidad del racimo y mejora de la calidad de la uva mediante el deshojado precoz en vid (*Vitis vinifera*. L.) de las variedades Mazuelo y Graciano. En A. Pardo, M. L. Suso, & N. Vázquez (Eds.), *Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas: XII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas: Resúmenes* (pp. 899-905). Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
- Dokoozlian, N. K. (2000). Grape berry growth and development. En L. P. Christensen (Ed.), *Raisin production manual* (pp. 30-37). University of California.
- Downey, M. O., Dokoozlian, N. K., & Krstic, M. (2006). Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research. *American Journal Enology and Viticulture*, 57(3), 257-268.

- Dupré, G. (2016). *Caracterización genética y transcripcional de genes involucrados en la biosíntesis de monoterpenos presentes en el aroma moscatel durante desarrollo de la Vitis vinifera* [Tesis de maestría, Universidad Andrés Bello]. Repositorio Institucional Académico.
<http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/3696>
- Echeverría, G. (2017). *Adaptación agroecológica de la vid en los terroirs costeros de Uruguay* [Disertación doctoral]. Universidad de la República.
- English, J. T., Marois, J. J., & Guble, W. D. (1989). Microclimate of grapevine canopies associated with leaf removal and control of Botrytis bunch rot. *Phytopathology*, 79(4), 395-401.
https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1989Articles/Phyto79n04_395.PDF
- Escalona, J. M., Flexas, J., Bota, J., & Medrano, H. (2003). Distribution of leaf photosynthesis and transpiration within grapevine canopies under different drought conditions. *Vitis*, 42(2), 57-64. <http://doi.org/10.5073/vitis.2003.42.57-64>
- Ferraro Olmos, R. (1983). *Viticultura moderna*. Hemisferio Sur.
- 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'écophysologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot* [Disertación doctoral]. Université de Montpellier II.
- Ferrer, M., Echeverría, G., & Carbonneau, A. (2014). Effect of berry weight and its components on the contents of sugars and anthocyanins of three varieties of *Vitis vinifera* L. under different water supply conditions. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 35(1), 103-113.
- Ferrer, M., & González-Neves, G. (2002). Resultados enológicos y productivos de la aplicación de diversas alternativas de raleo de racimos y distintas intensidades de poda invernal en *Vitis vinifera* L. cv. Tannat. *Agrociencia (Uruguay)*, 6(1), 53-62. <https://doi.org/10.31285/AGRO.06.1357>

- Ferrer, M., González-Nevez, G., Burgueño, J., Gabard, Z., & Camussi, G. (1997). Influencia de la intensidad de la poda y el raleo de racimos sobre la relación fuente-fosa en *Vitis vinifera* L. cv. Tannat. En Office International de la Vigne et du Vin (Ed.), *XXII Congrès de la vigne et du vin*.
- Ferrer, M., González-Neves, G., Echeverría, G., Camussi, G., & Carbonneau, A. (2011). Influence de la variété: L'architecture de la plante et la méthode de taille d'hiver sur la pourriture de grappe de la vigne. *Progres Agricole et Viticole*, 128(18), 367-371.
- Ferrer, M., González-Neves, G., Gamussi, C., Sibielle, I., & Abella, J. (2003). Optimización del manejo del viñedo para disminuir la incidencia de *Botrytis* sp. En Rede Ibero-Americana de Vitivinicultura (Ed.), *Taller – Seminario: Zonificación del Cultivo de la Vid, Terroir – Terruno y Potencial de Cosecha* (pp. 89-97). CYTED. <http://www.isa.utl.pt/riav/Pdf/PUBLICACAO-Montevideu.pdf>
- Ferrer, M., González-Neves, G., García, L., & Gabard, Z. (1995). Efecto de diferentes técnicas de manejo de la planta en la composición de mostos y vinos del cv. Tannat. En Organización Internacional de la Viña y el Vino (Ed.), *Congreso Mundial de la Viña y el Vino: Vol. 1. Viticultura* (p. 505).
- Ferreira, E., Selles, V., Ruiz, S., & Sellés, M. (2003). Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Chardonnay en la producción y calidad del vino. *Agricultura Técnica*, 63(3), 277-286.
- Fourment, M., Bonnardot, V., Quénel, H., & Ferrer, M. (2018). Rainfall temporal variability and its impact on the enological quality of Tannat grapes in southern Uruguay. En Instituto Nacional de Vitivinicultura e International Organisation of Vine and Wine (Eds.), *World Congress of Vine and Wine: Book of abstracts* (p. 74). <https://www.oiv.int/public/medias/6389/book-of-abstracts.pdf>
- Fourment, M., Ferrer, M., & Hérve, Q. (2013). *Vitis vinifera* L. cv. Tannat: Respuesta a la variabilidad climática. *Agrociencia (Uruguay)*, 17(2), 45-54. <https://doi.org/10.31285/AGRO.17.433>
- Galet, P. (2000). *General viticulture* (6th ed.) Oenoplurimédia.

- Gladstone, E., & Dokoozlian, N. (2003). Influence of leaf area density and trellis/training system on the light microclimate within grapevine canopies. *Vitis*, 42(3), 123-131. <https://doi.org/10.5073/vitis.2003.42.123-131>
- Gonçalves Rey, C., & Miranda Balticevic, D. (2003). *Caracterización del equilibrio vegetativo- productivo de algunos viñedos de la subregión vitivinícola de Curicó (VII región, Chile)* [Trabajo final de grado]. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- González-Neves, G. (2005). *Etude de la composition polyphénolique des raisins et des vins des cépages Merlot, Cabernet-Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en Lyre et en Espalier dans le sud de l'Uruguay* [Disertación doctoral]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- González-Neves, G., Charamelo, D., Balado, J., Barreiro, L., Bochicchio, R., Gatto, G., & Moutounet, M. (2004). Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 191-196. <http://doi.org/10.1016/j.aca.2003.11.042>
- González-Neves, G., Gil, G., Barreiro, L., Ferrer, M., & Franco, J. (2006). Composición fenólica de las uvas de las principales variedades tintas de *Vitis vinifera* cultivadas en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 10(2), 1-14. <https://doi.org/10.31285/AGRO.10.918>
- González-Neves, G., Gil, G., Favré, G., & Ferrer, M. (2011). Potencial polifenólico de la uva: Índices propuestos y posibles aplicaciones. *Comunicata Scientiae*, 2(2), 57-69. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3884061.pdf>
- Greer, D. H., & Weedon, M. M. (2012). Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate. *Plant, Cell and Environment*, 35(6), 1050-1064. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02471.x>
- Guidoni, S., Oggero, G., Cravero, S., Rabino, M., Cravero, M. C., & Balsari, P. (2008). Manual and mechanical leaf removal in the bunch zone (*Vitis vinifera* L., cv Barbera): Effects on berry composition, health, yield and wine quality, in a warm temperate area. *OENO One*, 42(1), 49-58. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.1.831>

- Gutiérrez, V. (2002). El deshoje en la variedad Listan Negro. *Viticultura y Enología Profesional*, 81, 17-32.
- Hale, C., & Weaver, R. (1962). The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera*. *Hilgardia*, 33(3), 89-131. <https://scispace.com/pdf/the-effect-of-developmental-stage-on-direction-of-17xd6y8l3i.pdf>
- Hardie, W. J., & Considine, J. A. (1976). Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development. *American Journal of Enology and Viticulture*, 27(2), 55-61. <http://doi.org/10.5344/ajev.1976.27.2.55>
- Heazlewood, J. E., & Wilson, S. (2004). Antesis, polinización y cuajado en Pinot noir. *Vitis*, 43(2), 65-68. <https://doi.org/10.5073/vitis.2004.43.65-68>
- Hed, B., Ngugi, H. K., & Travis, J. W. (2015). Short-and long-term effects of leaf removal and gibberellin on Chardonnay grapes in the Lake Erie region of Pennsylvania. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(1), 22-29. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.14034>
- Huglin, P. (1978). Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 64, 1117-1126.
- Huglin, P., & Schneider, C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne* (2^e ed.). Lavoisier.
- Hunter, J. J. (2000). Implication of seasonal canopy management and growth compensation in grapevine. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 21(2), 81-91. <http://doi.org/10.21548/21-2-2215>
- Hunter, J. J., & Archer, E. (2002). Papel actual y perspectivas futuras de la gestión del follaje. *ACE Revista de Enología*, (21), https://www.acenologia.com/ciencia59_2/
- Hunter, J. J., & Bonnardot, V. (2011). Suitability of some climatic parameters for grapevine cultivation in South Africa, with focus on key physiological processes. *South Africa Journal Enology and Viticulture*, 32(1), 137-154. <https://doi.org/10.21548/32-1-1374>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2024). *Banco de datos agroclimáticos*. <https://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2024). *Reporte anual: Registro de viñedos Uruguay 2024*. <https://www.inavi.com.uy/uploads/vinedo/346bb91b94f57f26d3e293b52fc0059a83b273cf.pdf>
- Intrieri, C., Filipetti, I., Allegro, G., Centinari, M., & Poni, S. (2008). Effetti della defogliazione precoce sulla morfologia dei grappoli, la qualità e la produttività delle uve Sangiovese. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura*, 70(1), 28-31.
- Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(4), 409-430. <http://doi.org/10.5344/ajev.1993.44.4.40>
- Kader, A. A. (1994). Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. *Acta Horticulturae*, (398), 59-70. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.398.6>
- Keller, M. (2015). *The science of grapevines: Anatomy and physiology* (2nd ed.). Academic Press.
- Keller, M. (2020). *The science of grapevines* (3rd ed.). Academic Press.
- Keller, M., & Tarara, J. (2010). Warm spring temperatures induce persistent season-long changes in shoot development in grapevines. *Annals of Botany*, 106(1), 131-141. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq091>
- Kennedy, J. (2002). Understanding grape berry development. *Practical Winery & Vineyard Magazine*, 24(2), 14-23.
- Kliewer, W. M. (1970). Effect of time and severity of defoliation on growth and composition of Thompson Seedless grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 21(1), 37-47. <http://doi.org/10.5344/ajev.1970.21.1.37>
- Kliewer, W. M., & Antcliff, A. J. (1970). Influence of defoliation, leaf darkening, and cluster shading on the growth and composition of Sultana grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 21(1), 26-36. <http://doi.org/10.5344/ajev.1970.21.1.26>
- Kliewer, W. M., & Bledsoe, A. (1986). Influence of hedging and leaf removal on canopy microclimate, grape composition, and wine quality under California conditions. *Acta Horticulturae*, (206), 157-168.

- Kliewer, W. M., & Lider, A. (1970). Effects of day temperature and light intensity on growth and composition of *Vitis vinifera* L. fruits. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 95(6), 766-769.
<https://doi.org/10.21273/JASHS.95.6.766>
- Kotseridis, Y., Georgiadou, A., Tikos, P., Kallithraka, S., & Koundouras, S. (2012). Effects of severity of post-flowering leaf removal on berry growth and composition of three red *Vitis vinifera* L. cultivars grown under semiarid conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 6000-6010.
<http://doi.org/10.1021/jf300605j>
- Kriedemann, P. (1968). Photosynthesis in vine leaves as function of light intensity, temperature, and leaf age. *Vitis*, 7(3), 213-220.
<http://doi.org/10.5073/vitis.1968.7.213-220>
- Lavin, A., & Pardo, M. C. (2001). Época de deshoje y sus efectos sobre la composición química de mostos y composición química y calidad sensorial de los vinos de los cv. Chardonnay y Cabernet Sauvignon, en el área de la Canquenés. *Agricultura Técnica*, 61(2), 129-139.
- Lebon, G., Duchêne, E., Brun, O., Magné, C., & Clément, C. (2004). Flower abscission and inflorescence carbohydrates in sensitive and non-sensitive cultivars of grapevine. *Sexual Plant Reproduction*, 17(2), 71-79.
<http://doi.org/10.1007/s00497-004-0217-9>
- Lombardo, G., Carraro, L., Cargenllo, G., & Gerola, F. M. (1983). Observations on the natural fall of the calyptra in clones of Picolit giallo with high and low productivity. *Vitis*, 22(2), 129-136. <https://doi.org/10.5073/vitis.1983.22.129-136>
- Maigre, A. (2004). Plants produits par greffe herbacée et greffe classique en viticulture: Comparaison du comportement agronomique et oenologique de la vigne adulte. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, 36(5), 255-261.
- Marois, J. J., Nelson, J. K., Morrison, J. C., Lile, L. S., & Bledsoc, A. M. (1986). The influence of berry contact within grape cluster on the development of *Botrytis cinerea* and epicuticular wax. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37(4), 293-296. <http://doi.org/10.5344/ajev.1986.37.4.293>

- McIntyre, G. N., Lider, L. A., & Ferrari, N. L. (1982). The chronological classification of grapevine phenology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 33(2), 80-85. <http://doi.org/10.5344/ajev.1982.33.2.80>
- Meneghetti, S., Gardiman, M., & Calo, A. (2006). Flower biology of grapevine: A review. *Advances in Horticultural Science*, 20(4), 317-325.
- Molfino, J. H., & Califra, A. (2001). *Agua disponible de las tierras del Uruguay: Segunda aproximación*. MGAP.
[https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/Agua%20disponible%20de%20las%20Tierras%20del%20Uruguay%20\(segunda%20aproximaci%C3%B3n\).pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/Agua%20disponible%20de%20las%20Tierras%20del%20Uruguay%20(segunda%20aproximaci%C3%B3n).pdf)
- Molitor, D., Behr, M., Fischer, S., Hoffmann, L., & Evers, D. (2011b). Timing of cluster-zone leaf removal and its impact on canopy morphology, cluster structure and bunch rot susceptibility of grapes. *OENO One*, 45(3), 149-159. <https://doi.10.20870/oeno-one.2011.45.3.1495>
- Molitor, D., Rothmeir, M., Behr, M., Fischer, S., Hoffman, L., & Evers, D. (2011a). Crop cultural and chemical methods to control grey mould on grapes. *Vitis*, 50(2), 81-87. <https://doi.org/10.5073/vitis.2011.50.81-87>
- Montgomery, D. C. (2010). *Diseño y análisis de experimentos* (2ª ed.). Limusa.
- Morales, A. (1987). *Influencia del microclima en torno al racimo sobre la composición química y calidad de mostos y vinos* [Trabajo final de grado]. Universidad Católica de Chile.
- Muñoz, R., Pérez, J., Psczolkwst, P. H., & Bordeu, E. (2002). Influencia del nivel de carga y microclima sobre la composición y calidad de bayas, mosto y vino de Cabernet sauvignon. *Ciencia e Investigación Agraria*, 29(2), 115-125. <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v29i2.416>
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., & Deloire, A. (2002). Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(4), 261-267. <https://www.ajevonline.org/content/53/4/261.1>

- Ojeda, H., Deloire, A., Wang, Z., & Carbonneau, A. (2008). Determinación y control del estado hídrico de la vid: Efectos morfológicos y fisiológicos de la restricción hídrica en vides. *Viticultura Enología Profesional*, (90), 27-43.
- Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. (2021). *Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts* (Vol. 2).
<https://www.oiv.int/public/medias/7786/oiv-recueil-des-methodes-internationales-danalyses-vol2-fr.pdf>
- Orio, P. L. (2010). *Efectos del deshojado precoz, durante cuatro años, sobre las características de la producción en las variedades Tempranillo, Mazuelo y Graciano (Vitis vinifera L.)* [Disertación doctoral, Universidad de La Rioja]. Teseo. <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=857145>
- Palliotti, A., Gatti, M., & Poni, S. (2011). Early leaf removal to improve vineyard efficiency: Gas exchange, source to sink balance, and reserve storage responses. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(2), 219-228.
<http://doi.org/10.5344/ajev.2011.10094>
- Pañitru-De la Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Acevedo-Opazo, C., Verdugo-Vásquez, N., Araya-Alman, M., Lolas, M., Moreno, Y., & Fermaud, M. (2018). Classification of winegrape cultivars in Chile and France according to their susceptibility to Botrytis cinerea related to fruit 186 maturity. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24(2), 145-157. <http://doi.org/10.1111/ajgw.12315>
- Parker, A. K., Hofmann, R. W., Van Leeuwen, C., Mclachlan, A. R. G., & Trought, M. C. T. (2015). Manipulating the leaf area to fruit mass ratio alters the synchrony of total soluble solids accumulation and titratable acidity of grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(2), 266-276.
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12132>
- Percival, D. C., Fisher, K. H., & Sullivan, J. A. (1994). Use of fruit zone leaf removal with *Vitis vinifera* L. cv. Riesling grapevines: I. Effects on canopy structure, microclimate, bud survival, shoot density, and vine vigor. *American Journal of Enology and Viticulture*, 45(2), 123-132.
<http://doi.org/10.5344/ajev.1994.45.2.123>
- Perold, A. I. (1927). *A treatise on viticulture*. Macmillan.

- Persuric, D., Bratovic, I., & Carnello, G. (2001). Impact of partly on must and wine quality of “Malvazije estarke” variety on the short cut cordon. En Groupe d'Étude des Systèmes de Conduite de la Vigne (Ed.), *2èmes Journées GESCO: Compte rendu* (pp. 143-148). AGRO Montpellier.
- Peynaud, E. (1947). Étude sur les acides organiques du raisin et du vin. *Bulletin de l'OIV*, 20(191), 34-51.
- Piccardo, D. (2008). *Estudio de la incidencia del microclima y de la gestión del follaje sobre el crecimiento vegetativo, la maduración y la sanidad de Vitis vinífera, cv. Tannat* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/27812>
- Pieri, P., Fermaud, M., & Mimiague, F. (2001). Analyse du microclimat des grappes: Effects de la compacité et de l'effeuillage. En Groupe d'Étude des Systèmes de Conduite de la Vigne (Ed.), *2èmes Journées GESCO: Compte rendu* (pp. 71-76). AGRO Montpellier.
- Poni, S. (2005). Producing quantity respecting quality: Objectives of leaf management. Part 1. *Infowine*, 5(1), 1-7. <https://www.infowine.com/wp-content/uploads/2024/04/libretto2044-01-1.pdf>
- Poni, S., Bernizzoni, F., & Civardi, S. (2008). The effect of early leaf removal on whole canopy gas exchange and vine performance of *Vitis vinifera* L. cv. Sangiovese. *Vitis*, 47(1), 1-6. <http://doi.org/10.5073/vitis.2008.47.1-6>
- Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Intrieri, C. (2006). Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(4), 397-407.
<http://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.4.397>
- Possner, D. R. E., & Kliewer, W. M. (1985). The localization of acid, sugar, potassium and calcium in developing grape berries. *Vitis*, 24(4), 229-240.
<http://doi.org/10.5073/vitis.1985.24.229-240>
- Pratt, C. (1971). Reproductive anatomy in cultivated grapes: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 22(2), 92-109.
<http://doi.org/10.5344/ajev.1971.22.2.92>

- Ravaz, L. (1909). Sur l'apoplexie de la vigne. *Progrès Agricole et Viticole*, 30(45), 547-579.
- Rebucci, B., Poni, S., Intrieri, C., Magnanini, E., & Lakso, A. N. (1997). Effects of manipulated grape berry transpiration on post-veraison sugar accumulation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 3(2), 57-65.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1997.tb00116.x>
- Reynier, A. (2005). *Manual de viticultura* (6ª ed.). Mundi Prensas.
- Ribéreau-Gayón, J., Peynaud, E., Sudraud, P., & Ribéreau-Gayón, P. (1989). *Tratado de Enología: Ciencias y técnicas del vino*. Hemisferio Sur.
- Riou, C., Pieri, P., & Le Clech, B. (1994). Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes: Formulation simplifiée de la transpiration. *Vitis*, 33(3), 109-115. <https://doi.org/10.5073/vitis.1994.33.109-115>
- Rogiers, S. Y., Hatfield, J. M., Jaudzems, V. G., White, R. G., & Keller, M. (2004). Grape berry cv. Shiraz epicuticular wax and transpiration during ripening and preharvest weight loss. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55(2), 121-127. <http://doi.org/10.5344/ajev.2004.55.2.121>
- Rustioni, L., Rocchi, L., Guffanti, E., Cola, G., & Failla, O. (2014). Characterization of grape (*Vitis vinifera* L.) berry sunburn symptoms by reflectance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(14), 3043-3046.
<http://doi.org/10.1021/jf405772f>
- Sadras, V. O., Moran, M. A., & Bonada, M. (2013a.) Effects of elevated temperature in grapevine: I. Berry sensory traits. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(1), 95-106. <http://doi.org/10.1111/ajgw.12007>
- Sadras, V. O., Petrie, P. R., & Moran, M. A. (2013b). Effects of elevated temperature in grapevine: II. Juice pH, titratable acidity and wine sensory attributes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(1), 107-115.
<http://doi.org/10.1111/ajgw.12001>
- Salvarrey, M. J. (2016). *Relación fuente-fosa en Vitis vinifera L. cv. Tannat en respuesta a dos técnicas de cultivo* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/31271>

- Sánchez, L. A., & Dokoozlian, N. K. (2005). Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(4), 319-329. <http://doi.org/10.5344/ajev.2005.56.4.319>
- Sawicki, M., Aït Barka, E. A., Clément, C., Vaillant-Gaveau, N., & Jacquard, C. (2015). Cross-talk between environmental stresses and plant metabolism during reproductive organ abscission. *Journal of Experimental Botany*, 66(7), 1707-1719. <http://doi.org/10.1093/jxb/eru533>
- Scholander, P. F., Bradstreet, E. D., Hemmingsen, E. A., & Hammel, H. T. (1965). Sap pressure in vascular plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, 148(3668), 339-346. <https://doi.org/10.1126/science.148.3668.339>
- Smart, R. E. (1985). Some aspects of climate, canopy microclimate, vine physiology, and wine quality. En D. A. Headerbell (Ed.), *Proceedings of the International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology* (pp. 1-17). Oregon State University.
- Smart, R. E., & Robinson, J. B. (1991). *Sunlight into wine*. Ministry of Agriculture and Fisheries.
- Smart, R., & Robinson, M. (1992). *Sunlight into wine: A handbook for winegrape canopy management*. Winetitles.
- Smart, R. E., Robinson, J. B., Due, G. R., & Brien, C. J. (1985). Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz: II. Effects on must and wine composition. *Vitis*, 24(2), 119-128. <https://doi.org/10.5073/vitis.1985.24.119-128>
- Spayd, S., Tarara, J., Mee, D., & Ferguson, J. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(3), 171-182. <http://doi.org/10.5344/ajev.2002.53.3.171>
- Staudt, G. (1999). Opening of flowers and time of anthesis in grapevines, *Vitis vinifera* L. *Vitis*, 38(1), 15-20. <https://doi.org/10.5073/vitis.1999.38.15-20>

- Sternad Lemut, M., Sivilotti, P., Butinar, L., Lagani, J., & Vrhovsek, U. (2015). Pre-flowering leaf removal alters grape microbial population and offers good potential for a more sustainable and cost-effective management of a Pinot Noir vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(3), 439-450. <http://doi.org/10.1111/ajgw.12148>
- Tarara, J. M., Lee, J., Spayd, S. E., & Scagel, C. F. (2008). Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in merlot grapes. *American Journal Enology and Viticulture*, 59(3), 235-247. <http://doi.org/10.5344/ajev.2008.59.3.235>
- Tardáguila, J., & Bertamini, E. (1993). Gestión del follaje: Una potente técnica para mejorar la producción y la calidad de la uva. *Viticultura Enología Profesional*, (28), 31-46.
- Tardáguila, J., Martínez de Toda, F., Poni, S., & Diago, M. P. (2010). Impact of early leaf removal on yield and fruit and wine composition of *Vitis vinifera* L. Graciano and Carignan. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 372-381. <http://doi.org/10.5344/ajev.2010.61.3.372>
- 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: Méthodologie de caractérisation* [Disertación doctoral]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- Tonietto, J., & Carbonneau, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grapegrowing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(1-2), 81-97. <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>
- Vail, M. E., & Marois, J. J. (1991). Grape cluster architecture and susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 81(2), 188-191. <http://doi.org/10.1094/Phyto-81-188>
- Valdivieso, F. (2005). Técnicas del manejo del follaje en la viticultura chilena. *Infowine*, 6(2). <https://www.infowine.com/es/tendencias-del-manejo-del-follaje-en-la-viticultura-chilena/>

- Van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., de Resseguier, L., García de Cortazar-Atauri, I., & Duchêne, E. (2019, 10 de julio). Fenología: Seguimiento del reloj interno de las vides. *IVES: Technical Reviews*. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2019.2587>
- Van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Koundouras, S., & Dubourdieu, D. (2004). Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55(3), 207-217. <http://doi.org/10.5344/ajev.2004.55.3.207>
- Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, 17(1), 1-10. <http://doi.org/10.1080/09571260600633135>
- Vasconcelos, M. C., & Castagnoli, S. (2000). Leaf canopy structure and vine performance. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(4), 390-396. <http://doi.org/10.5344/ajev.2000.51.4.390>
- Verdenal, T., Zufferey, V., Dienes-Nagy, A., Belcher, S., Lorenzini, F., Rösti, J., Koestel, C., Gindro, K., & Spring, J. L. (2018). Intensity and timing of defoliation on white cultivar Chasselas under the temperate climate of Switzerland. *OENO One*, 52(2), 93-104. <http://doi.org/10.20870/oenoone.2018.52.2.2158>
- Verdenal, T., Zufferey, V., Dienes-Nagy, A., Bieri, S., Bourdin, G., Reynard, J., & Spring, J. (2024). Exploring grapevine canopy management: Effects of removing main leaves or lateral shoots before flowering. *OENO One*, 58(4). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.8175>
- Verdenal, T., Zufferey, V., Spring, J. L., & Viret, O. (2013). Conséquences physiologiques de l'effeuillage de Lavigne. *Revue Suisse de Viticulture Arboriculture Horticulture*, 45(3), 148-155. <https://ira.agroscope.ch/en-US/Page/Einzelpublikation/Download?einzelpublikationId=31971>
- Winkler, A. J., Cook, J., Kliever, W. M., & Lider, L. A. (1974). *General viticulture* (Rev. ed.). University of California Press.

Zoecklein, B. W., Wolf, T. K., Duncan, N. W., Judge, J. M., & Cook, M. K. (1992).

Effects of fruit zone leaf removal on yield: Fruit composition and fruit rot incidence of Chardonnay and White Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43(2), 139-148.

<http://doi.org/10.5344/ajev.1992.43.2.139>

Zufferey, V., & Murisier, F. (2003). Distance interligne et hauteur de la haie foliaire: 1.

Incidence sur le potentiel de'interception lumineuse et la photosynthèse de la vigne. *Revue Suisse de Viticulture Arboriculture et Horticulture*, 35(5), 285-288.