

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CAMBIOS EN LA DINÁMICA DE MADURACIÓN DE *Vitis vinifera* L. cv
TANNAT EN RESPUESTA A DISTINTOS MOMENTOS DE DESHOJADO**

por

Jovana MORENO AGÜERO

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

Tesis aprobada por:

Directora:

Ing. Agr. (MSc.) María Julia Salvarrey

Ing. Agr. (MSc.) Gustavo Pereyra

Ing. Agr. (Dra.) Milka Ferrer

Fecha: 27 de mayo de 2022

Autora:

Jovana Moreno Agüero

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y amigos que me han apoyado a lo largo de mi carrera, a mi pareja que me ha acompañado y motivado en este trabajo y a mi hijo Agustín que me ha dado la fuerza para continuar.

A Vicente, Gustavo, Leandro, Julia y Milka por el apoyo y la oportunidad de compartir la realización de este trabajo, lo que significó una huella importante para mi carrera profesional.

Al establecimiento Juanicó por poner el viñedo a disposición para la elaboración del trabajo de campo, a los equipos de Poscosecha con el laboratorio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. SITUACIÓN DE LA VITICULTURA URUGUAYA	3
2.2. CICLO ANUAL DE LA VID	4
2.2.1. <u>Ciclo vegetativo</u>	4
2.2.2. <u>Ciclo reproductivo</u>	5
2.3. ESTRUCTURA DE LA BAYA Y SUS COMPONENTES	5
2.3.1. <u>Estructura de la baya</u>	7
2.3.2. <u>Composición química de la baya</u>	9
2.3.2.1. Azúcares	9
2.3.2.2. Acidez titulable	10
2.3.2.3. pH	10
2.3.2.4. Compuestos polifenólicos	11
2.4. INCIDENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LAS PLANTAS	 11
2.4.1. <u>Índices bioclimáticos</u>	11
2.4.1.1. Índice heliotérmico (IH)	12
2.4.1.2. Índice de frescor nocturno	12
2.4.2. <u>Temperatura</u>	12
2.4.3. <u>Humedad relativa</u>	13
2.4.4. <u>Disponibilidad hídrica</u>	13
2.5. GESTIÓN DE LA CANOPIA (PRÁCTICAS CULTURALES) ...	14
2.5.1. <u>Deshojado</u>	15
2.6 POTENCIALIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL TANNAT	18
2.7 HIPÓTESIS	18
 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	 20
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL VIÑEDO	20

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS	20
3.3 REGISTROS CLIMÁTICOS	22
3.3.1. <u>Cuantificación de las variables climáticas de la zona de estudio</u>	22
3.3.2. <u>Registros microclimáticos de la canopia</u>	23
3.4. EVALUACIONES A NIVEL PLANTA	24
3.4.1. <u>Estado hídrico de las plantas</u>	24
3.5. EVALUACIONES A NIVEL DE LA BAYA DURANTE MADURACIÓN Y COSECHA	24
3.5.1. <u>Evolución de los metabolitos primarios</u>	25
3.5.2. <u>Metabolitos secundarios (compuestos polifenólicos) en cosecha</u>	25
3.5.3. <u>Medición de los componentes físicos de la baya</u>	25
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
4. <u>RESULTADOS</u>	27
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	27
4.1.1. <u>Caracterización climática de la serie</u>	27
4.1.2. <u>Climograma del año de estudio</u>	28
4.1.3. <u>Registros microclimáticos de la canopia</u>	30
4.1.3.1. Temperatura y humedad relativa de la canopia a nivel del racimo	30
4.2. RESPUESTA DE LA PLANTA	36
4.2.1. <u>Potencial hídrico</u>	36
4.2.2. <u>Evolución del peso de la baya</u>	38
4.2.3. <u>Componentes de la baya</u>	39
4.2.4. <u>Relación entre peso de los componentes y peso de baya</u>	41
4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BAYA	42
4.3.1. <u>Evolución de los metabolitos primarios</u>	42
4.3.1.1. Azúcares	42
4.3.1.2. Acidez titulable	44
4.3.1.3. pH	45
4.4. PESO Y COMPOSICIÓN DE LA BAYA EN COSECHA	46
4.4.1. <u>Peso de baya</u>	46
4.4.2. <u>Contenido de azúcares por baya</u>	47
4.4.3. <u>Contenido de acidez por baya</u>	48
4.4.4. <u>Compuestos polifenólicos</u>	49
4.4.4.1. Contenido de polifenoles	49
4.4.4.2. Contenido de polifenoles por baya	50
4.4.4.3. Riqueza fenólica (IPT)	52
4.5. COMPONENTES PRINCIPALES	53
4.5.1 <u>Variables medidas en cosecha</u>	53

5. <u>DISCUSIÓN</u>	56
5.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO DE ESTUDIO	56
5.2. EFECTO DE LOS DESHOJADOS EN EL PESO Y COMPONENTES DE LA BAYA	57
5.3. EFECTO DE LOS DESHOJADOS EN LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LA BAYA	58
6. <u>CONCLUSIONES</u>	61
7. <u>RESUMEN</u>	62
8. <u>SUMMARY</u>	63
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	64

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Índices bioclimáticos adaptados a la vid, ecuaciones y categorías de clasificación	23
2. Caracterización de la restricción hídrica	24
3. Índices bioclimáticos adaptados a la vid, ecuaciones y categorías de clasificación calculado para la serie histórica (1987-2017) y para el año de estudio (2018-19)	29
4. Temperatura promedio mensual de canopia (°C) desde desborre hasta cosecha (04 a 38 E-L) ciclo 2018-19	30
5. Temperatura de la canopia (°C) y del aire durante la maduración	32
6. Humedad relativa (%) de la canopia y del aire durante la maduración	34
7. Potencial hídrico base (Ψ_{hfb}) medido en el ciclo 2018-19	37
8. Componentes físicos de la baya en envero promedio (35 E-L).....	39
9. Componentes físicos de la baya en cosecha promedio (38 E-L)	40
10. Relación entre el peso de los componentes y el peso de la baya en cosecha	41
11. Matriz de correlaciones (coeficientes/probabilidades) entre variables del ACP	54

Figura No.

1. Diagrama representativo del crecimiento de las bayas de <i>Vitis vinifera</i> L.	7
2. Estructura de una baya madura	8
3. Escala fenológica de la vid ciclo 2018-19	21
4. Distribución de los tratamientos a campo	21
5. Tratamientos realizados por estado fenológico, imagen antes y después del deshojado	22
6. Caracterización climática promedio de los años 1987-2017 de la zona Las Brujas-Canelones	28

7.	Registro climático anual de la zona Las Brujas-Canelones (2018-19)	28
8.	Registro de temperatura promedio diaria de la canopia (°C) en fase de maduración, ciclo 2018-19	31
9.	Acumulación en grados días del ciclo 2018-19	33
10.	Evolución horaria de la humedad relativa (%) en fase de maduración	35
11.	Porcentaje de horas según rango de humedad relativa (%)	36
12.	Potencial hídrico foliar base (MPa) y precipitaciones mensuales (mm) durante el ciclo productivo 2018-19	38
13.	Crecimiento de la baya durante la fase de maduración (35-38 E-L)	39
14.	Evolución de los azúcares durante la fase de maduración (35-38 E-L) por tratamiento	43
15.	Acumulación de azúcares por baya en fase de maduración (35-38 E-L)	44
16.	Evolución de la acidez titulable durante la fase de maduración (35-38 E-L)	45
17.	Evolución del pH durante la fase de maduración (35-38 E-L) ..	46
18.	Peso de baya en cosecha (38 E-L)	47
19.	Cantidad de azúcares en cosecha (38 E-L) (gramos por baya)	48
20.	Contenido de acidez titulable (g H ₂ SO ₄ -baya) en cosecha (38 E-L)	49
21.	Contenido de antocianos potenciales (ApH1) y antocianos extraíbles (ApH3,2) en cosecha (38 E-L)	51
22.	Contenido de antocianos potenciales (ApH1) y antocianos extraíbles (ApH3,2) en cosecha (38 E-L) expresado por baya	52
23.	Índice de extractibilidad (%) en cosecha	53
24.	Riqueza fenólica (IPT)	54
25.	Diagrama de componentes principales valores en cosecha.....	56

1. INTRODUCCIÓN

La viticultura uruguaya, es una actividad agropecuaria que abarca una superficie de 6.144 hectáreas, de las cuales el 92 % se localizan en el Sur del país. El sector se caracteriza por presentar una gran heterogeneidad de variedades (74), de las cuales, la cepa más implantada es la variedad Tannat, que ocupa el 27 % de la superficie (INAVI, 2021). Las exportaciones sectoriales caracterizadas por la exportación de vinos presentan variabilidad entre años, representando en el año 2020 el 0,28 % del PBI nacional (MGAP. DIEA, 2020).

En los últimos 10 años, la viticultura uruguaya ha mostrado una tendencia a la disminución, con descensos del 40 % en la cantidad de viñedos y un 25 % en su superficie (INAVI, 2021). Esto podría estar explicado, por múltiples factores que resultaron en la baja rentabilidad del sector, como ser: altos costos de producción, falta de mano de obra, exigencias del mercado consumidor junto al contexto de cambio climático. Aun así, el sector ha tenido la capacidad de adaptarse, incorporando tecnología e implementando estrategias de marketing y de enoturismo, demostrando sostenibilidad y potencialidad a largo plazo.

La gestión del viñedo en términos generales incluye diversas técnicas de cultivo que definen las características y la calidad de la uva como materia prima. Estas técnicas implican modificaciones en la relación fuente/fosa, siendo una herramienta importante para regular el balance entre rendimiento y calidad, para lograr un producto definido. El deshojado, es una práctica habitual que implica una reducción de la fuente productora de fotoasimilados, incidiendo en el rendimiento, la calidad enológica y sanitaria de la uva en función del momento fenológico y la intensidad con que se realiza. Los efectos logrados por esta técnica de cultivo modifican el microclima de la zona de racimo e inciden directamente en la exposición de estos, provocando un aumento de la temperatura y la luminosidad, afectando la síntesis de metabolitos primarios y secundarios de la uva (Verdenal et al., 2019). Por otro lado, los efectos indirectos implican una disminución de la humedad relativa, reduciendo las condiciones predisponentes para el desarrollo de podredumbres, logrando una mejora sanitaria de la uva. En el contexto del cambio climático, este trabajo plantea contribuir a la comprensión de la técnica de deshojado en la evolución de los componentes de la baya, durante la etapa de maduración.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivos generales

El objetivo general del trabajo es, evaluar el efecto de eliminar hojas, mediante deshojados manuales realizados en distintos momentos fenológicos durante el ciclo de la vid, sobre la dinámica de crecimiento de la baya, los compuestos químicos primarios en maduración y secundarios en madurez tecnológica.

1.1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos están en función del momento fenológico de aplicación del deshojado, evaluando:

1. el efecto sobre los factores micro climáticos de la canopia (temperatura y HR).
2. el efecto sobre el peso de baya y sus componentes, en envero (35 E- L) y en madurez tecnológica (38 E-L).
3. el efecto sobre la evolución de los metabolitos primarios de la baya (azúcares, pH y acidez total) durante la maduración.
4. el efecto sobre los metabolitos primarios y secundarios de la baya en madurez tecnológica (38 E-L).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. SITUACIÓN DE LA VITICULTURA URUGUAYA

En la actualidad, la viticultura uruguaya ocupa 6.144 ha, conformadas por 1.271 viñedos que se integran por 925 productores. En cuanto a su distribución geográfica, el 92 % de los viñedos se ubican principalmente al Sur del país en los departamentos de Canelones, Montevideo, Colonia y San José. En los últimos 10 años, Uruguay se ha encontrado entre los países en que el cambio climático ha afectado la variabilidad de las precipitaciones interanuales y el aumento de la temperatura media, principalmente durante la maduración de la uva (Tiscornia et al. 2016, Fourment et al. 2018), afectando en un adelantamiento de las fechas fenológicas (Fourment et al., 2013). A nivel productivo, se ha observado un cambio significativo en la producción total vitícola, con reducciones del 22 %, consecuencia de un descenso del 34 % de la superficie plantada al Sur del país. Esto podría estar explicado, por múltiples factores que resultaron en la baja rentabilidad del sector, como ser: altos costos de producción, falta de mano de obra, exigencias del mercado consumidor junto al contexto de cambio climático (INAVI, 2021). Aun así, ha habido un aumento de plantaciones hacia la zona Este del país, especialmente en Maldonado con un 6,4 % de superficie y un 3 % de los viñedos.

Entre los caracteres del sector, se podría mencionar que, respecto al tamaño de los viñedos, el 73 % tiene una superficie de 0 a 5 ha, representando el 31 % de la superficie implantada (1.920 ha). En relación con la edad de las plantas, el 69 % de la superficie total nacional tiene plantas por debajo de 20 años y el 5 % mayores a 31 años. En 2019, la tenencia de los viñedos estaba representada en un 45 % por propietarios, 25 % comodatarios, 20 % arrendatarios y el resto con otras formas de tenencia. En la vendimia 2019, se cosecharon 86.229.241 kg de uva, considerando un total de 21.352.282 plantas, siendo el principal destino de producción, en un 97 %, la vinificación y el restante 3 %, para consumo en fresco. La viticultura uruguaya, emplea de forma directa e indirecta en la cadena vitivinícola 20.000 personas aproximadamente, representando el 1 % de la población activa (INAVI, 2021). La participación de la cadena en la exportación representa el 0,28 % del PBI nacional para el año 2019, exportado el 10 % de los vinos elaborados (6.094 miles de L), con variaciones año a año. Se exporta en mayor volumen la categoría de vino tinto, siendo los principales destinos: Brasil, Rusia y EE. UU (MGAP. DIEA, 2020). El vino uruguayo ha tenido grandes posibilidades de exportación debido a sus ventajas competitivas, destacándose bajo la denominación "Uruguay: país del Tannat".

Estos vinos, han abarcado las principales exigencias de los consumidores y constituyen un sector fuertemente respaldado institucionalmente (Calvo, 2008), fortalecidos por el uso de tecnologías aplicadas para la producción sustentable y de calidad (Uruguay XXI, 2020).

En un contexto de cambio climático como también a nivel de mercado, es importante implementar estudios a nivel agronómico para dar respuestas a las necesidades del sector y de esta mantener un producto diferenciado y competitivo frente a nuevos escenarios.

2.2. CICLO ANUAL DE LA VID

El ciclo anual de la vid se describe morfológicamente mediante estados fenológicos, la observación de las etapas fenológicas son clave para el éxito de la gestión del viñedo (Van Leeuwen et al. 2019, Carbonneau y Torregrosa, 2020). El ciclo se divide en un ciclo vegetativo y dos reproductivo, la producción de racimos se extiende por dos años, las yemas formadas en el año 1 dan lugar a los frutos en el año 2 (Keller, 2020).

2.2.1. Ciclo vegetativo

La brotación, marca el inicio del crecimiento vegetativo en la primavera (septiembre-octubre en hemisferio Sur). En la vid, se toma como temperatura base 8-10 °C, ya que a temperaturas por debajo de éstas la planta no presenta o es baja la actividad metabólica, con variaciones entre especies y cultivares (Parker et al., 2011). 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 estos, a los 40 días aproximadamente luego del desborre, alcanzando su madurez fotosintética (Keller y 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, floración y cuajado, etapa de crecimiento activo (nuevas fosas de consumo de compuestos carbonado y nitrogenados) consumiendo las reservas. Por otro lado, en 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 y Torregrosa, 2020).

2.2.2. Ciclo reproductivo

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 la diferenciación 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 (clima). 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 periodo vegetativo. Dentro de los factores externos, la temperatura y la luz presentan efectos en la síntesis y en las respuestas hormonales (Keller 2015, 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, May 2004). La eliminación de brotes tres semanas antes de inicio de la floración, da lugar a un crecimiento compensatorio de los sarmientos restantes, pero no se observa el mismo resultado, si se realiza después de envero, en este caso, este asociado a un retraso en la maduración (Bernizzoni et al., 2011).

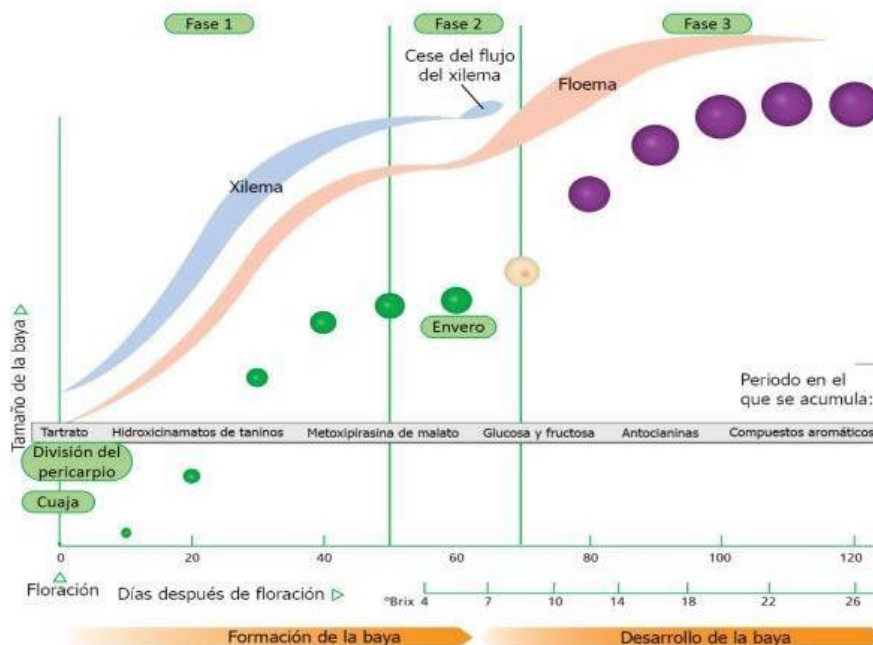
2.3. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA BAYA

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 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, 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) (Coombe y McCarthy 2000, Conde et al. 2007). 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 fecundación hasta la formación de las bayas está bajo el control de un conjunto de fitorreguladores (auxinas, citoquininas y giberelinas) que promueven la división y la expansión celular (Coombe 1992, Conde et al. 2007). En la tercera fase, comienza la maduración con la reanudación del crecimiento de la baya, perdiendo firmeza y clorofila, aumenta 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 y son acumuladas en las vacuolas de las células de la pulpa (Robinson y Davies 2000, 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 enterasas), la cual es de gran importancia para la elaboración del vino (Conde et al., 2007).

Las uvas son frutos no climatéricos como los cítricos, no dependen de altas concentraciones de etileno para desencadenar la maduración. Estos presentan una red funcional de señalización con un conjunto de fitorreguladores (ABA, auxinas, etileno, entre otros) afectando varias moléculas y procesos bioquímicos que contribuyen en la calidad de la fruta en fase de maduración. También se le suman factores externos, desde lugar de implantación (tipo de suelo, disponibilidad hídrica y nutricional), clima (efecto de temperatura y luz), siendo factores que presentan, además, gran influencia en el desarrollo de la baya, incluyendo inducción y diferenciación floral, procesos que se dan de manera simultánea (Peña s.f., Chervin et al. 2004, Fuentes et al. 2019).



Se muestran las tres fases del desarrollo (cuadros verdes redondeados), la acumulación de azúcares, medida como sólidos solubles (° Brix).

Figura 1. Diagrama representativo del crecimiento de las bayas de *Vitis vinifera* L

Fuente: modificada de Kennedy (2002), Koutroumanidis (2001).

2.3.1. Componentes físicos

La variedad es uno de los principales factores que determinan las diferencias entre el tamaño y la composición de la baya, influenciados por los factores ambientales y medidas de manejo que inciden sobre el crecimiento, a la proporción de los componentes (piel, pulpa y semillas) y microclima de la planta (Roby y Matthews 2004, Ferrer et al. 2014, Melo et al. 2014). Según Ferrer et al. (2014), el peso de la baya depende de la variedad y está relacionado a los componentes (pulpa, piel y semillas). El peso de la pulpa y de las semillas son determinantes para el peso de la baya, el cual varía en función de la exposición de la luz y de las temperaturas superiores a 30 °C durante la maduración (Jones y Davis, 2000).

La baya está compuesta principalmente por tres capas de tejidos:

exocarpo (piel), mesocarpo y endocarpo (pulpa, Figura 2). La composición y tamaño de estos tejidos, varía considerablemente entre las distintas variedades de vid (Kennedy, 2002). El agua es el componente principal, el cual constituye entre el 70-80 % del peso fresco de la baya en cosecha.

La piel (exocarpo), representa alrededor del 7-15 % del peso del fruto fresco (Conde et al., 2007). Durante el desarrollo de la baya el grosor de la piel varía entre cuajado y envero, es cuando ocurre el aumento de peso de la baya, por lo que la epidermis aumenta entre 15-33 % (Battista et al., 2015). El grosor de la piel es muy sensible al clima y a las condiciones micro climáticas del racimo (Porro et al. 2008, Muganu et al. 2011). La pulpa formada por el mesocarpo y el endocarpo, constituye entre el 80-90 % del volumen de la baya. Las semillas ocupan entre 0 a 6 % del volumen de la baya. El peso de la semilla durante fase de maduración disminuye en relación con el peso de la baya y comienzo la lignificación de esta. La semilla está compuesta por agua, 25-45 %, carbohidratos, 35 %, compuestos nitrogenados, 6 %, minerales, 4 %, aceites oleico-linoleico, 15-20 % y polifenoles 5-10% (Cadot et al., 2006).

La distribución de los compuestos químicos en la baya varía según variedad, en general, se distribuye (mg/kg uva) en piel (hollejo), antocianos (500-3000), ácido fenólico (50-200), taninos (100-500) y flavonoles (10-100), en pulpa, ácido fenólico (20-170) y en semilla, taninos (1000-6000). La cantidad y la composición de antocianos y flavonoles dependen de gran medida de los factores genéticos, pero su cantidad puede ser afectada por ambientales y prácticas culturales (Downey et al., 2006).

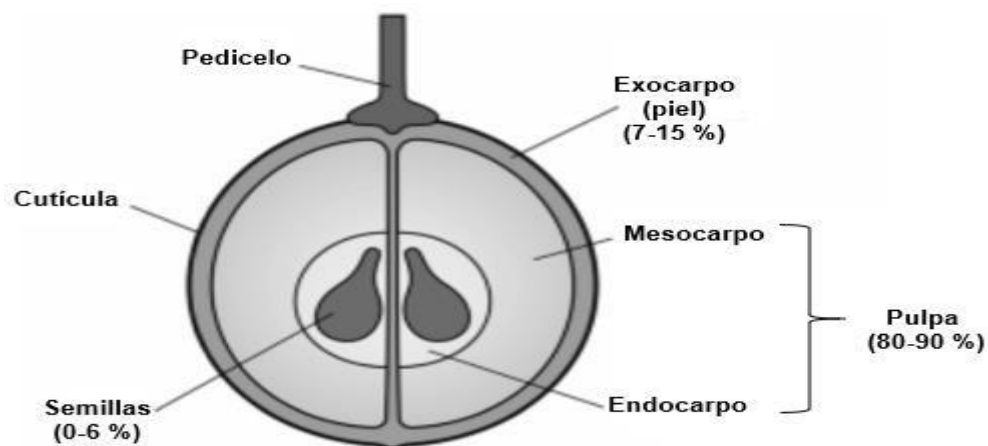


Figura 2. Estructura de una baya madura

Fuente: Conde et al. (2007).

Si bien es difícil determinar si los cambios en el tamaño de la baya se deben a efectos ambientales, culturales o por la interacción de ambos. Se ha demostrado que el tamaño final de la baya tanto como las características químicas y físicas de las uvas son relevantes para la elaboración de un vino. Estos dos componentes explicarían porque las bayas de Tannat son más pesadas comparadas con otros cultivares, en este caso Merlot y Cabernet Sauvignon. Además, se ha demostrado que las condiciones hídricas y climáticas son los principales factores que afectan el peso de baya.

La variedad Tannat, presenta mayor peso de semilla comparada con otras variedades tintas (Merlot y Cabernet Sauvignon), además presenta mayor porcentaje de taninos siendo una característica varietal, la cual puede estar relacionada al peso de baya que también es mayor (González-Neves et al. 2006, 2011, Ferrer et al. 2014). El impacto en el tamaño de la baya toma relevancia para el objetivo de producción que se desea obtener, bayas de gran calibre presentan compuestos más diluidos, bayas de menor tamaño son mejores para la producción de vinos de calidad, ya que presenta mayor porcentaje de piel en relación con el volumen de la baya, lo cual facilita la extracción de los compuestos (Barbagallo et al. 2011, Melo et al. 2014). Otros autores reportan que los contenidos de azúcares dependen del peso de la baya, pero el contenido de antocianos está relacionado estrictamente con la proporción de piel, por lo que el tamaño de la baya es más importante para determinar su composición (Ferrer et al., 2014).

2.3.2. Composición química de la baya

La baya está constituida por metabolitos primarios, azúcares y ácidos orgánicos y secundarios, taninos, flavonoides, antocianos, precursores aromáticos y componentes volátiles (Conde et al., 2007).

2.3.2.1. Azúcares

Los azúcares, principalmente glucosa y fructosa, son los principales compuestos de la uva, siendo los responsables de otorgar el sabor dulce y disminuir la percepción de acidez, astringencia y amargor de los vinos (Keller, 2015). Los azúcares varían ampliamente, constituyendo cerca del 2 % del peso fresco al inicio del desarrollo de la baya y alcanzando un 25 % a cosecha (Conde et al. 2007, Dupré 2016).

El aumento en los contenidos de estos compuestos se debe a la producción de fotoasimilados proveniente de la fotosíntesis y/o reservas, siendo

transportados vía floema, en forma de sacarosa. Durante la primera fase del desarrollo y crecimiento de la baya, el contenido de azúcares es bajo, predominando glucosa respecto a la fructosa, pero a partir de enero, el contenido de azúcares aumenta (Kennedy, 2002).

2.3.2.2. Acidez total

Los principales ácidos orgánicos de la uva son, el tartárico y el málico, constituyendo el 90 % de los ácidos totales (Dokoozlian, 2000). Las concentraciones de estos ácidos son variables entre las variedades de vid, las condiciones climáticas y las prácticas de manejo de canopia (Conde et al., 2007), incrementando la acidez a inicio de la primera fase del crecimiento de baya. Posteriormente, en la tercera fase del crecimiento, el málico es el principal ácido que disminuye durante la maduración de la baya, mientras que el ácido tartárico se mantiene relativamente constante (Dupré, 2016).

La temperatura es un factor clave para la concentración de estos ácidos en la baya, presentando una correlación negativa en cosecha entre los niveles de acidez y la temperatura. La temperatura óptima para la síntesis de los ácidos oscila entre 20 a 25 °C, también establecidos para el período de maduración, mientras que a temperaturas por encima de 30 °C la acidez disminuye (Jones y Davies, 2000). En general, las uvas que maduran en temperaturas más frías (15-20 °C), presentan mayor contenido de ácido málico, mientras los que maduran en temperaturas altas (20-25 °C), presentan mayor degradación del ácido málico, pudiendo variar entre regiones y años (Dokoozlian, 2000).

2.3.2.3. pH

El pH es un indicador importante para evaluar la calidad del mosto, estando vinculado directamente con atributos enológicos como, la intensidad colorante (González-Neves et al., 2006). El pH de la uva depende de tres factores: la cantidad total de ácido presente, la relación entre el ácido málico y el ácido tartárico y la cantidad de potasio presente en el (Conde et al., 2007). En la primera etapa del desarrollo de la baya, el pH permanece con un valor cercano a 2,5 y va aumentando gradualmente durante la fase de maduración, a medida que se forman los aniones ácidos, la cantidad de ácido málico disminuye en la baya (Dokoozlian, 2000). En cosecha para el cultivar Tannat en las condiciones climáticas del país, el pH se toma como criterio de cosecha en valores cercanos a 3,4 (González-Neves et al., 2004).

2.3.2.4. Compuestos polifenólicos

Los polifenoles, se producen en el metabolismo secundario y se acumulan en distintas partes de la planta de vid. En la baya se localizan, sobre todo, en las partes sólidas: hollejos, semillas y escobajos, siendo extraídos durante la vinificación y determinan 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 y son los responsables de la coloración de las uvas tintas, 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 año a año.

La evolución de estos aumenta desde envero y la síntesis está muy ligada al contenido de azúcares de las células de la pulpa, esta actividad está influenciada directamente de 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 óptimos resultados (Peña s.f., González-Neves et al. 2006, Guiodini 2008).

2.4. INCIDENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA PLANTA

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

Según la “Clasificación Climática Multicriterio” propuesta por Tonietto y Carbonneau y adaptada por Ferrer (2007b), el clima vitícola de la zona Sur del país se clasifica como: sequía moderada, templado y con noches templadas (IS₁ IH₃ IF₂).

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 HS (1 de septiembre al 28 de febrero). Las cepas de Merlot y Cabernet-Sauvignon requieren valores de IH de 1900 para obtener 180-200 g/L de azúcar (Ferrer et al., 2007a).

2.4.1.2 Índice de frescor nocturno (IF)

El Índice de frescor de noches (IF) fue propuesto por Tonietto en 1999. Este índice cuantifica los efectos de las bajas temperaturas nocturnas, durante el mes previo a la cosecha (febrero en el hemisferio Sur), sobre la síntesis de metabolitos secundarios como los polifenoles y aromas. Los valores favorables durante la maduración se encuentran entorno a los 16°C (Ferrer et al., 2007a).

La temperatura y la humedad relativa presentan una gran influencia en la evolución y composición de la baya, afectando los contenidos de azúcares, ácidos orgánicos, polifenoles (Jones y Davies 2000, De cara 2010). Además, la arquitectura vegetal (distribución espacial de las hojas, área foliar y exposición de los racimos), son factores que determinan el microclima de la planta (Ferrer et al., 2014).

2.4.2. Temperatura

La temperatura es el principal factor que influye en la fenología de la vid y en la composición de la uva, su aumento provoca adelanto en la fenología, modifica los metabolitos principales, azúcares, reducción en la acidez total y aumento en el pH (Jones y Davies 2000, Petrie y Sadras 2008). Se ha reportado que el rango de temperaturas (máximas y mínimas) diarias para la actividad fotosintética óptima de la vid es de 25-30° C diurnas y nocturnas de 16-25° C, estas oscilaciones van a influir en las concentraciones de azúcares y ácidos orgánicos (Dokoozlian 2000, Spayd et al. 2002, Hunter y Bonnardot 2011). Temperaturas por encima a los 35 °C frenan la maduración por una inhibición en la fotosíntesis, influyendo negativamente en la acumulación de azúcares. También se ha reportado una disminución de la acidez, generalmente porque disminuye en mayor concentración el ácido málico, como consecuencia del aumento en la temperatura hay una estimulación en la respiración, siendo el factor principal que incide en el valor de pH (Tonietto y Carbonneau 2002, Laget et al. 2008, Hunter y Bonnardot 2011, Kuhn et al. 2013). Por el contrario, las temperaturas frescas previas a enero (35 E-L), pueden limitar la fotosíntesis afectando la producción de azúcares y formación de ácido málico (Laget et al.,

2008). Además, el efecto de la temperatura está asociado directamente con la luz, racimos expuestos en comparación con sombreados, presentan mayores contenidos de azúcares y menor acidez total, e influyen en la coloración y aroma de la baya (Tonnieto y Carbonneau, 2002).

Las temperaturas presentan una fuerte influencia en el balance síntesis/degradación de antocianos en los hollejos de la baya. Las temperaturas óptimas para la síntesis de antocianos son de entre 15 a 25 °C. Por el contrario, temperaturas por encima de los 35 °C degradan el contenido de antocianos (Mori et al. 2007, Hunter y Bonnardot 2011).

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 las principales enfermedades fúngicas. El exceso de follaje también hace que aumente la temperatura y 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).

2.4.4. Disponibilidad hídrica

El agua es un factor fundamental para el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas, que incide en el rendimiento y en la calidad de las uvas (Ojeda et al., 2002). A medida que los niveles de restricciones hídricas aumentan, pueden afectar el crecimiento vegetativo y microclima de la planta, reducir tamaño de la baya, aumentar la concentración de algunos componentes relacionados con la calidad (azúcares, fenoles y antocianos), disminuir la acidez en etapa de maduración. Sin embargo, restricciones severas ($\Psi_b > -0,8$ MPa) a lo largo de los años, pueden ocasionar problemas de supervivencias de algunas variedades si son muy persistentes (Carbonneau 2003, Downey et al. 2006, Ojeda et al. 2008, Kuhn et al. 2013).

El potencial hídrico (Ψ) 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, Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 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).

A lo largo del ciclo del cultivo, no es favorable tener ciertas limitaciones hídricas para el normal desarrollo de las plantas. Desde comienzos de brotación a floración, no es conveniente que las plantas sufran restricciones hídricas severas, sino que sean ausentes o leves (Ψ_b 0 a -0,3 MPa), para no afectar el crecimiento del área foliar y asegurar una adecuada relación fuente/fosa (Ferrer et al., 2014). Desde floración ha cuajado, restricciones muy severas ($\Psi_b \geq -0,6$ MPa) principalmente a inicios de floración, pueden reducir la tasa de cuajado afectando el número de baya por racimos, siendo óptimo restricciones ausentes o leves (Ψ_b 0 a -0,3 MPa). Desde cuajado a envero, el estado hídrico de la planta tiene una alta influencia en el rendimiento, por el efecto que se ejerce en el tamaño de las bayas, ya que no se ve afectado la división celular sino la expansión celular (Ojeda et al., 2001). En el período de envero y maduración, la ausencia de restricción hídrica (Ψ_b entre 0 y -0,2 MPa) produce un vigor excesivo favoreciendo rendimientos elevados, pero en aspectos cualitativos de la uva, los polifenoles y azúcares disminuyen por el efecto de dilución provocado por el aumento en el tamaño de la baya. A diferencia, una restricción progresiva (Ψ_b entre -0,2 y -0,4 MPa) de agua en período de maduración, provoca la detención del crecimiento vegetativo lo que favorece la acumulación de azúcares en la baya al limitar la competencia con el crecimiento del pámpano, ocasionando una reducción en el tamaño de la baya y por consiguiente, reducción en el rendimiento, pero favorece la concentración de polifenoles, principalmente antocianos y azúcares (Ojeda et al. 2002, Ojeda 2007, Roby y Matthews 2004, Matthews y Nuzzo 2007).

2.5. GESTIÓN DE LA CANOPIA (PRÁCTICAS CULTURALES)

La calidad de la materia prima (uva) obtenida en los viñedos, depende de la interacción de los factores genéticos, ambientales y de las prácticas de cultivo, por la cual la gestión de la canopia es un elemento de vital importancia (Disegna et al., 2005). El manejo de la canopia consiste en realizar diferentes prácticas que posicionen brotes, con el objetivo de expandir el follaje y cubrir la mayor área posible, aumentando la exposición de las hojas hacia la luz (poda invernal, desbrote, despunte, deshojado, roñado, raleos, etc.). Además, de lograr una cobertura vegetal homogénea, también se busca el óptimo en aspectos sanitarios durante la maduración, permitiéndole al productor predecir el producto en determinadas condiciones edafo-climáticas (Hunter y Archer, 2002). Las técnicas de cultivo influyen en la relación fuente/fosa, provocando cambios en el microclima en la zona del racimo (luz, temperatura y humedad relativa) y en la repartición de fotoasimilados (Valdivieso 2005, Piccardo 2008, Hunter y Bonnardot 2011, Bobeica et al. 2015, Salvarrey 2016). Para mejorar el aspecto sanitario y la calidad enológica en cosecha, se debe de conocer, el ciclo anual de crecimiento de la vid, la relación entre la superficie foliar y los racimos,

identificando los momentos en que ocurren los procesos de acumulación y degradación de los diferentes compuestos de la baya, así ajustar las técnicas de manejo a implementar (Conde et al., 2007). La poda invernal, se complementa, con las medidas de manejo en la vegetación mencionadas anteriormente y que inciden en el microclima de la canopia. También se puede ajustar la carga de fruta mediante raleo de racimos con el propósito de influir en la composición de la baya, sin afectar el microclima del follaje (Muñoz et al. 2002, Valdivieso 2005, González-Neves y Ferrer 2008, Bobeica et al. 2015). El deshojado además de utilizarse para obtener rendimiento sostenible y el control de enfermedades, mejorando el microclima del racimo (aumento en la exposición de luz y circulación de aire), se ha transformado en una práctica integral para el sector de cara a la obtención y mejoras en la calidad de la uva (Carrosio et al. 2005, Piccardo 2008, Sabattini y Howell 2010).

2.5.1. Deshojado

Prácticas culturales, como el deshojado, consiste en remover o eliminar un número variable de hojas alrededor de la zona fructífera (20-40 %), reduciendo la densidad de la cobertura vegetal y exponiendo los racimos a un mayor aprovechamiento de la energía solar (Tardáguila et al. 2008, Botelho et al. 2013). Por otro lado, aumentan la aireación, la cantidad de luz y la temperatura las cuales favorecen la reducción de la humedad relativa dentro de la canopia, minimizando el ataque de podredumbre (*Botrytis cinérea*) en racimos (Smart y Robinson 1992, Pieri et al. 2001, Muñoz et al. 2002, Piccardo 2008, Tardáguila et al. 2010, Afonso de Macedo et al. 2015). Una reducción de la fuente presenta un efecto en el contenido y composición de antocianos totales (Guiodini et al., 2008). Otros autores citan que, la limitación de la fuente disminuye la concentración de azúcares y antocianos, pero la modificación se observa en mayor porcentaje en antocianos; esto se debe a que la baya gestiona el metabolismo del carbono de tal manera que la acumulación de azúcares se mantenga al máximo en gastos metabólicos, en vez de gastar en metabolitos secundarios (antocianos) (Pastores et al. 2011, Bobeica et al. 2015).

En los cultivos perennes, la relación entre el crecimiento vegetativo y reproductivo condiciona el equilibrio (fuente/fosa) del sistema. El efecto del deshojado depende del número de hojas eliminadas, el momento de realizado, el clima y la variedad (Kliwer, 1970). Dependiendo del estadio fenológico en que se realiza el deshojado, se puede clasificar como, temprano (prefloración), medio (cuajado) o tardío (envero y post-envero, Intrieri et al., 2008). El deshojado 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 deshojado

generalmente reduce el rendimiento y en 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 (Smart y Robinson 1992, Poni et al. 2006, 2009, Intrieri et al. 2008, Tardáguila et al. 2010, Arrillaga 2017, Arrillaga et al. 2021).

El deshojado afecta la capacidad de la vid para la reposición de reservas almacenadas en el largo plazo (Poni et al. 2009, Vasconcelos 2009, Palliotti et al. 2011, Acimovic et al. 2016). También se observó que realizar este tipo de manejo de manera temprana, hay un aumento en la tasa fotosintética de las hojas remanentes que compensan el área foliar removida, con niveles de azúcares ligeramente más altos en la baya (Molitor et al. 2011, Botelho et al. 2013, Cataldo et al. 2021). Palliotti et al. (2011), indicaron que la remoción temprana de hojas aumenta la eficiencia de la canopia especialmente durante el período de maduración, por lo que aumenta el crecimiento compensatorio de las hojas. Las feminelas estimuladas por el despunte determinan el incremento en la calidad foliar del pámpano y por lo tanto en la calidad de la uva (Poni et al., 2006). El deshojado temprano causa un aumento en la concentración de sólidos solubles totales (°Brix) (Palliotti et al. 2011, Bakhsh et al. 2021), aumento en la temperatura a nivel de racimo por la exposición de los racimos a la luz, provocando un aumento la síntesis y translocación de ácido tartárico hacia los racimos, disminuyendo el pH, comparados con racimos sin deshojar (Tardáguila et al. 2008, 2010). Otros autores, indican que la acidez titulable y el pH no son afectados por el deshojado (Palliotti et al. 2011, Arrillaga et al. 2021). Por otro lado, se ha observado que modifica la estructura de la baya, reduciendo el tamaño de esta, estimulando un aumento en el peso de la piel de la baya (Poni et al. 2009, Palliotti et al. 2011, Verdenal et al. 2019).

El deshojado medio es realizado en cuajado (27 E-L) ha mostrado un aumento de la superficie foliar expuesta, modificando principalmente la luminosidad, temperatura y la humedad relativa a nivel racimo, mejorando el microclima favoreciendo la exposición de estos, mejorando las condiciones para limitar el desarrollo de enfermedades fúngicas, cuanto más intensivo sea el deshojado, más eficiente es la aplicación y la acción de los fitosanitarios (Piccardo 2008, Sabattini y Howell 2010). También se ha observado, que, durante el desarrollo de la baya, reduce significativamente la velocidad de acumulación de azúcares (Bobeica et al., 2015), sin embargo, no se observaron efectos en la acidez, pH y rendimiento (Carrosio et al. 2005, Piccardo 2008). Aunque, aumentan los compuestos polifenólicos, la riqueza fenólica y antocianos totales, mientras que las uvas presentan mayor aptitud para la liberación de antocianos,

efectos que están relacionados, además, al clima (Piccardo, 2008). Sabattini y Howell (2010), Tardáguila et al. (2010), mencionan que al reducir en número de hojas en cuajado (27 E-L), disminuye la cantidad y el tamaño de las bayas, aumentando la relación piel/pulpa reduciendo el rendimiento. Ollat y Gaudillere (1998), demostraron que realizar un deshojado después del cuajado, reduce el crecimiento de las bayas, disminuyendo a la mitad el peso fresco en comparación con las bayas no tratadas. El restablecimiento del área foliar durante la fase III permitió que las bayas crecieran a la misma tasa de crecimiento, no observando modificación en su composición. Cataldo et al. (2021), indicaron que la intensidad de realizado el deshojado en cuajado, afecta la maduración de la uva en Cabernet Sauvignon. Estos autores reportan que, con deshojados más intensivos (8 hojas), se observó un enlentecimiento de la maduración, mayor acidez titulable y una fuerte disminución en la concentración de antocianos, debido a un aumento de la luz y temperatura, favoreciendo la degradación de estos compuestos.

El deshojado tardío, se realiza en envero (35 E-L), este tipo de deshojado no influye en el rendimiento en cosecha, mejora el microclima de la zona del racimo favoreciendo la exposición de estos a la luz y el viento reduciendo las condiciones predisponentes para ataque de patógenos por el aumento de la aireación en la zona de los racimos y disminución de la humedad relativa (Smart y Robinson 1992, Piccardo 2008, Verdenal et al. 2013). También se ha observado, que una reducción tardía de hojas disminuye la acumulación de azúcares y la acidez total, esto se debe a que, al aumentar la exposición de los racimos hacia la luz, aumenta la temperatura provocando una mayor combustión del ácido málico (Piccardo 2008, Bobeica et al. 2015).

En Uruguay, se han evaluado deshojados realizados en diferentes estados fenológicos para el cv. Tannat, al Sur del país, se ha observado que deshojado 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, Arrillaga et al. 2021). En cuajado y envero, no se han observado efectos en el rendimiento ni en los componentes, mejorando 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 uva, pero sin presentar efectos en acidez total y pH (Carrosio et al. 2005, Piccardo 2008).

2.6. POTENCIALIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL TANNAT

La variedad Tannat, cepa insignia del país, es originaria de la región de Maridán en Francia. Fue introducida a Uruguay desde Argentina (Concordia) al Dpto. de Salto, por Pascual Harriague en 1878. Primero se la denominó como "Harriague", aunque en esa época ya estaba identificada como Tannat (Bonfanti, 2016).

Tannat, se considera el principal cultivar en el país, representando el 27 % de la superficie (1.632 ha). De ese total el 77 % (1.087 ha) están implantadas al Sur del país, representando el 52 % de la producción nacional total, con un rendimiento promedio de 14.600 kg/ha (INAVI, 2021). Presenta buena respuesta a las condiciones edafo-climáticas del país, expresado en las características distintivas de sus vinos, la cual le confieren originalidad y tipicidad (González-Neves et al., 2006). En las condiciones al Sur del país, el período de brotación ocurre aproximadamente a mediados del mes de septiembre, la floración a mediados de noviembre y la madurez de las uvas ocurre en la primera quincena de marzo, según condiciones del año (Ferraro Olmos, 1983).

Entre las cualidades enológicas de las uvas Tannat en el Sur del país, presentan altos valores de azúcares (224 g/L), acidez total (5-5,9 g H₂SO₄/L), valores de pH (3,40), antocianos totales (2.033 mg/L) con respecto a otras zonas del país (Ferrer et al., 2011), antocianos extraíbles (1.413 mg/L, González-Neves et al., 2006), IPT (índice de polifenoles totales) 63 % (Ferrer et al., 2011), valores de EA (%) 51 % (González-Neves et al., 2006).

En relación con los componentes físicos, presenta mayor de peso de baya (1,80 g), alto porcentaje de semilla (4,8 %), altos contenido de taninos en piel dpell (71 %) y en semillas dTpep (35 %), comparadas con otras cepastintas (Cabernet Sauvignon y Merlot, González-Neves et al., 2006). Si bien, los factores genéticos presentan una gran incidencia en la composición, la interacción de esos factores con el ambiente es el que ciertamente influye en la producción y la calidad entre años (Ferrer et al., 2014).

2.7. 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 que se realiza.

Los deshojados modifican el microclima de la canopia y en función del momento fenológico e intensidad con que se realiza, puede influir en el desarrollo

y tamaño de la baya, modificando la proporción de sus componentes (hollejos, pulpa y semillas), además, podría originar cambios en la composición química de la baya.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL VIÑEDO

El trabajo de campo se realizó en un viñedo comercial ubicado en la localidad de Juanicó (Lat. 34°35'30.34"S, Long 56°15'23.85"W), departamento de Canelones, durante la temporada 2018-19. El material vegetal empleado fue la variedad Tannat (clon 398) sobre portainjerto SO₄, conducido en sistema de espaldera y con poda Guyot doble (16 yemas/planta). La orientación de las filas fue Nw y Se, el marco de implantación fue de 2,50 x 1,25 m, con una densidad de plantación de 3.200 plantas/ha. El viñedo fue implantado en el año 1999.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Para determinar la aplicación de cada tratamiento, se realizó un seguimiento fenológico, una vez por semana a partir del desborre, utilizando el fenograma de Eichhorn y Lorenz, adaptado por Coombe (1995). Como criterio para determinar el momento oportuno para realizar los tratamientos se tomó como referencia que la población de yemas se encuentre en una proporción mayor o igual al 50 % del estado fenológico a considerar.

Los tratamientos consistieron en un deshojado manual bilateral a nivel de racimo, realizado en 5 estados fenológicos diferentes: 16 E-L (D16), en prefloración 21 E-L (DPF), en cuajado 27 E-L (DC), envero 35 E-L (DE) y testigo comercial (T) de referencia (Figura 3). En los tratamientos D16 y DPF, se retiró el 30 % de las hojas a nivel racimo, mientras que en los tratamientos DC y DE la remoción de hojas fue del 20 % con respecto a la exposición vegetativa previo a deshojar (Figuras 4 y 5).

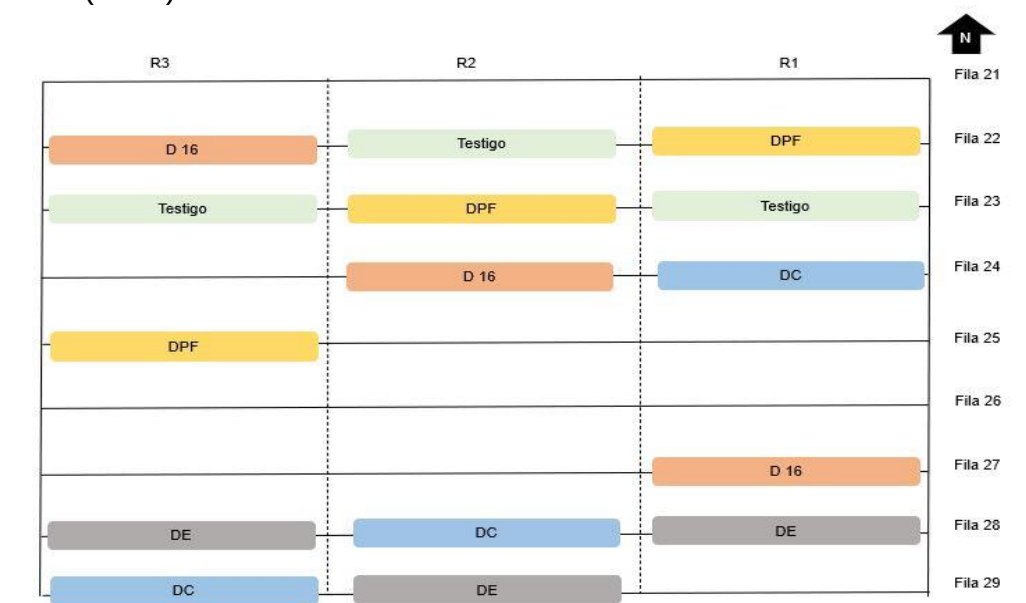
El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones, y la unidad experimental de 7 plantas, resultando en 21 plantas por tratamiento, como lo indica la Figura 4.



Se indican fechas (2018/19) y los momentos en los que se realizaron los distintos tratamientos.

Figura 3. Escala fenológica de la vid ciclo 2018-19

Fuente: adaptada del fenograma de Eichhorn y Lorenz modificado por Coombe (1995).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero(35 E-L) y testigo.

Figura 4. Distribución de los tratamientos a campo



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

Figura 5. Tratamientos realizados en cada estado fenológico aplicado, mostrando antes y después de realizado el deshojado

3.3. REGISTROS CLIMÁTICOS

3.3.1. Cuantificación de las variables climáticas de la zona de estudio

Para realizar la caracterización climática de la zona, se tomaron los datos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Investigación Agropecuario (INIA-Las Brujas, Canelones), ubicada a 30 km de donde fue realizado el ensayo. Se analizaron para el ciclo (2018-2019), 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 ciclo 2018-2019. Se realizaron los cálculos de índices IH e IF, propuestos por Tonietto y Carbonneau adaptado por Ferrer (2007b), los cuales utilizan las siguientes fórmulas: Índice Heliotérmico de Huglin (IH, Huglin y Schneider, 1998) $= \sum \{ (T. med. - 10 + (T. máx. - 10)) / 2 * k \}$. Donde T. media = temperatura media del aire (°C), T. máx.= temperatura máxima del aire (°C), k= coeficiente largo del día. Para este cálculo se contempló el período que va desde el 1 de septiembre hasta el 28 de febrero de cada año, considerando el ciclo productivo del cultivo.

Índice de Frescor (IF, Tonietto, 1998) = Temperatura mínima del aire (°C) del mes precedente a cosecha (febrero, HS). En base a los valores obtenidos, se puede hacer una estimación del clima vitícola según la clasificación propuesta por Tonietto y Carbonneau (2004, Cuadro 1).

Cuadro 1. Índices bioclimáticos adaptados a la vid, ecuaciones y categorías de clasificación

Índice	Clase de clima vitícola	Sigla	Intervalo de clase
índice heliotérmico IH (°C)	muy cálidos	IH + 3	> 3000
	cálido	IH + 2	> 2400 ≤ 3000
	templado a cálido	IH + 1	> 2100 ≤ 2400
	templado	IH -1	> 1800 ≤ 2100
	fresco	IH -2	> 1500 ≤ 1800
	muy fresco	IH -3	≤ 1500
índice de frescor IF (°C)	de noches muy frescas	IF +2	≤ 12
	de noches frescas	IF+1	> 12 ≤ 14
	de noche templadas	IF -1	> 14 ≤ 18
	de noches cálidas	IF-2	> 18

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004).

3.3.2. Registros microclimáticos de la canopia

A nivel canopia se cuantificaron los factores micro climáticos (temperatura y humedad relativa), realizándose registros diarios y con una frecuencia horaria, distribuidos por tratamiento, desde floración hasta cosecha (19 a 38 E-L, Coombe, 1995). Se utilizaron cinco registradores (HOBO, Pendant temperatura/light 8K Data Logger, UA-002-08), ubicados en el alambre de poda, para que sean representativos de las condiciones micro-climáticas de los racimos.

3.4. EVALUACIONES A NIVEL DE LA PLANTA

3.4.1. Estado hídrico de las plantas

Para determinar el estado hídrico de la planta, se midió el potencial hídrico foliar de base medido con la técnica de la cámara de presión de Scholander (Soil Moisture equipment, California, USA, del año 2003). Se realizaron las mediciones antes del amanecer (Ψ_{hfb}) cuando las plantas se encontraban en equilibrio hídrico con el contenido de agua del suelo. Las medidas se realizaron durante el ciclo vegetativo/reproductivo 2018-19, en los estados fenológicos de floración (21 E-L), cierre de racimo (32 E-L) y en tres fechas durante maduración (34, 36 y 38 E-L). Para cada fecha de medición se utilizaron 4 hojas adultas por tratamiento y repetición.

Adicionalmente, en el 2019 se determinó el potencial hídrico de hoja diario en envero (estado 35 E-L), cada 3 hs., para los tratamientos T, DPF y DE. La metodología consistió en retirar la hoja, envolviéndola en papel humedecido luego se embolsó e identificó conservándola a temperatura de 2°C, e inmediatamente se procedió a la medición con cámara de presión (Ojeda et al., 2008).

Cuadro 2. Caracterización de la restricción hídrica

Potencial hídrico foliar base (Ψ_{hfb}) (Mpa)	Potencial hídrico foliar mediodía (Ψ_{hfm}) (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

Fuente: Ojeda et al. (2008).

3.5. EVALUACIONES A NIVEL DE LA BAYA DURANTE MADURACIÓN Y EN COSECHA

Para la evaluación de los metabolitos primarios se realizaron muestreos desde envero (35 E-L) hasta cosecha (38 E-L, Coombe, 1995). Se realizaron muestreos semanales de 100 bayas por tratamiento, según metodología

propuesta por Deloire (2010). Se desgranaron las muestras y se registró el peso de baya utilizándose una balanza digital (OHAUS EB EE. UU).

3.5.1. Evolución de metabolitos primarios

Los análisis de rutina para caracterizar maduración y luego definir cosecha se determinaron según protocolo OIV (1990), 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 ($y = -0,15 + 10,27 * (\text{acidez}) / 1,53$) por refractometría 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 enpara obtener 1° alcohólico se consumen 18 g de azúcares/L de mosto.

3.5.2. Metabolitos secundarios (compuestos polifenólicos) en cosecha

La evaluación del contenido de polifenoles se realizó en cosecha sobre muestreos de 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 et al. (2006). Los índices y parámetros determinados fueron, la riqueza fenólica total (A₂₈₀), potencial total de antocianos (ApH₁), los antocianos extraíbles (ApH_{3.2}). 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 et al. (2006). Se utilizó un espectrofotómetro Unico S-2150 (New Jersey, USA).

3.5.3. Medición de los componentes físicos de la baya

La evaluación de los componentes físicos de la baya, se tomaron muestreos de 50 bayas, en dos momentos fenológicos, en envero (35 E-L) y cosecha (38 E-L). Determinándose, peso de baya y composición de la baya (peso de hollejo, semillas y pulpa).

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se emplearon los modelos que se describen a continuación (Montgomery, 2011):

$$\text{modelo } Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

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 $\alpha=0,05$. 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.

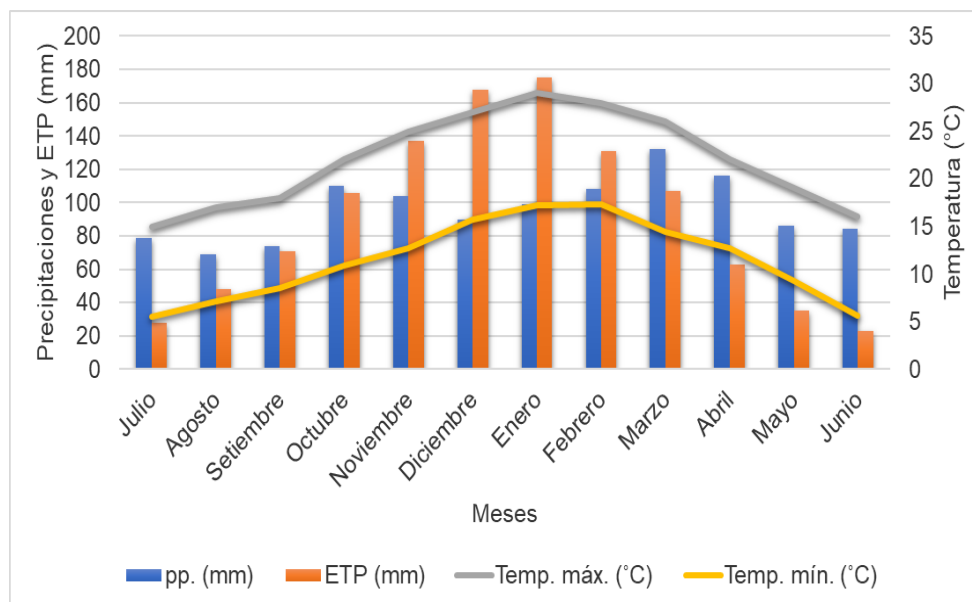
4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1. Serie histórica climática (1987-2017) de la zona de estudio

En la caracterización climática de la serie 1987-2017, se observa que 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 (Figura 6). El régimen de precipitaciones (pp.) tiene 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 septiembre a febrero presenta déficit hídrico (-203 mm), acentuando en diciembre (-78 mm) y enero (-76 mm). Los meses de mayor demanda, se corresponden a estados fenológicos claves, diciembre en los estados (29 a 33 E-L) desarrollo de la baya, en enero en los estados (34-36 E-L) de inicio de la maduración (Figura 6).

Los índices bioclimáticos calculados para la serie 1987-2017, establecidos para el período entre el 1° de septiembre al 28 de febrero, fueron los siguientes: índice Heliométrico (IH₋₁) de 2091 °C (templado, Cuadro 1). Para el IF₋₁, el promedio histórico se ubicó en 16 °C que se corresponde a noches templadas (Cuadro 1).



Referencias: pp.-precipitaciones, ETP-evapotranspiración de Penman, Temp. máx.- Temperatura máxima, Temp. mín. -Temperatura mínima.

Figura 6. Caracterización climática promedio de los años 1987-2017, de la zona Las Brujas-Canelones

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (2020).

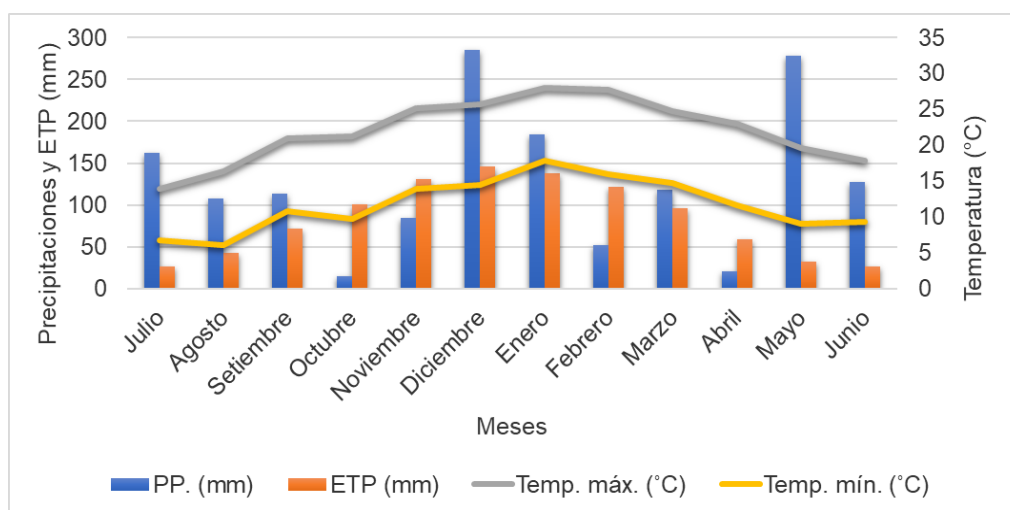
4.1.2. Climograma en el año de estudio

En la temporada 2018-19 la temperatura máxima promedio diurna y nocturna se registraron 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 pp. anuales registradas para el año de estudio fueron de 1.550 mm, 35 % por encima de la serie estudiada. Las pp. registradas durante el ciclo productivo (septiembre-febrero) fueron 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 hay déficit hídrico (Figura 7).

Los índices bioclimáticos para el año de estudio indican que, el índice Heliotérmico (IH₊₁) es mayor al promedio histórico obteniendo un valor de 2165 °C, correspondiéndose a una clase de clima vitícola de templado cálido. Mientras que el IF fue de 16°C, con noches templadas (IF₋₁), no presentando diferencias con el período 1987-2017 analizada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índices bioclimáticos adaptados a la vid, ecuaciones y categorías de clasificación calculados para la serie histórica analizada (1987-2017) y para el año de estudio (2018-19)

Índice	Serie histórica (1987-2017)	Registro año de estudio (2018-19)
Índice heliotérmico (IH) (°C)	2091 (IH-1)	2165 (IH +1)
Índice de frescor nocturno (IF) (°C)	16,9°C (IF-1)	16,0°C (IF-1)



Referencias: pp.-precipitaciones, ETP-evapotranspiración de Penman, Temp. máx.- Temperatura máxima, Temp. mín.- Temperatura mínima.

Figura 7. Registro climático anual de la zona Las Brujas-Canelones (2018-2019)

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (2020).

4.1.3. Registros micro climáticos de la canopia

4.1.3.1. Temperatura y humedad relativa de la canopia a nivel de racimos

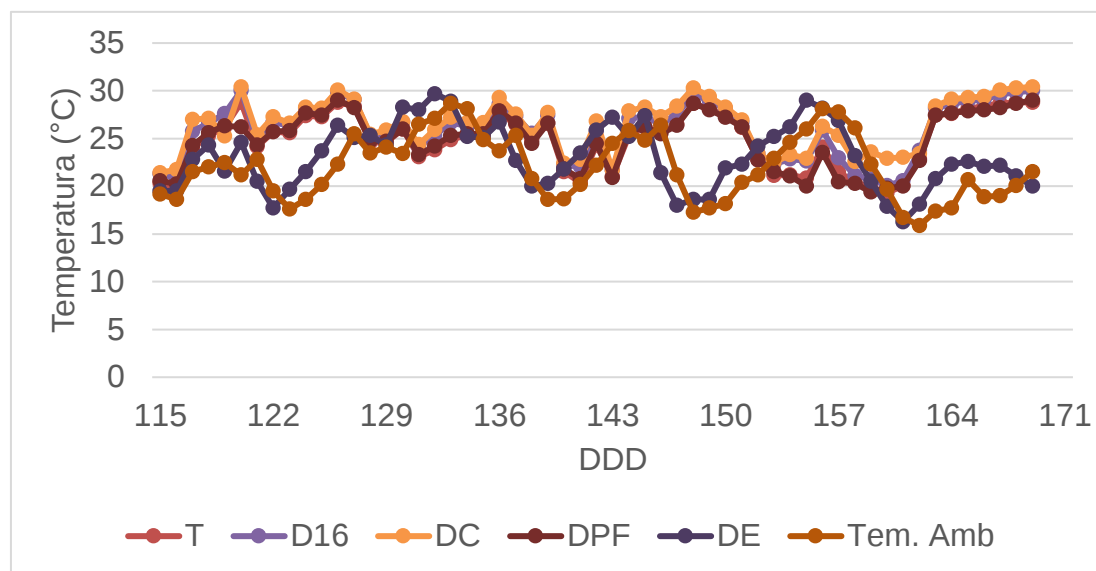
Los tratamientos analizados por fecha cronológica presentaron diferencias significativas a partir de los 60 días después del desborre (DDD) ($p < 0,05$). El DPF fue el tratamiento que presentó mayor temperatura a nivel del racimo a los 60, 90 y 120 DDD. Mientras que, en cosecha, el DC fue el que presentó mayor temperatura a nivel racimo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Temperatura promedio mensual de canopia (°C) desde desborre hasta cosecha (04 a 38 E-L) ciclo 2018-19

Tratamiento	DDD				
	30	60	90	120	150
T	17,6 ns	19,1 b	21,9 c	23,3 b	21,5 b
D16	18,7 ns	19,5 ab	22,5 ab	23,9 a	21,8 ab
DPF		20,2 a	23,1 a	24,2 a	21,7 ab
DC		19,1 b	22,0 b	24,4 a	23,1 a
DE				24,1 a	22,2 ab
Ambiente	19,1	21,3	20,6	21,6	20,4

Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16 E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. 30 días, deshojado en estado 16 E-L, 60 días, deshojado en los estados 21 y 27 E-L, 120 días, deshojado en estado 35 E-L. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p -valor $< 0,05$, ns= sin diferencias significativas.

El efecto de los tratamientos sobre la canopia durante la maduración presentó variabilidad de temperaturas diarias. Con respecto a los tratamientos, todos los tratamientos la temperatura promedio estuvieron por encima al testigo. Además, son comparados con la temperatura del ambiente y todos los tratamientos aplicados están 1 a 4 °C por encima, siendo 1 °C el tratamiento DE, 3 °C los tratamientos T y DC y 4 °C los tratamientos D16 y DPF (Figura 8).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. DDD- días desde desborre.

Figura 8. Registro de temperatura promedio diaria en canopia (°C), en fase de maduración, ciclo 2018-19

Se analizó la temperatura promedio diaria y máxima (°C) de los tratamientos y del ambiente en fase de maduración. Se observó que los tratamientos incidieron en la temperatura de la canopia, aumentándola (Cuadro 5), mientras que el tratamiento DE presentó una dinámica similar a la temperatura ambiente (Figura 8).

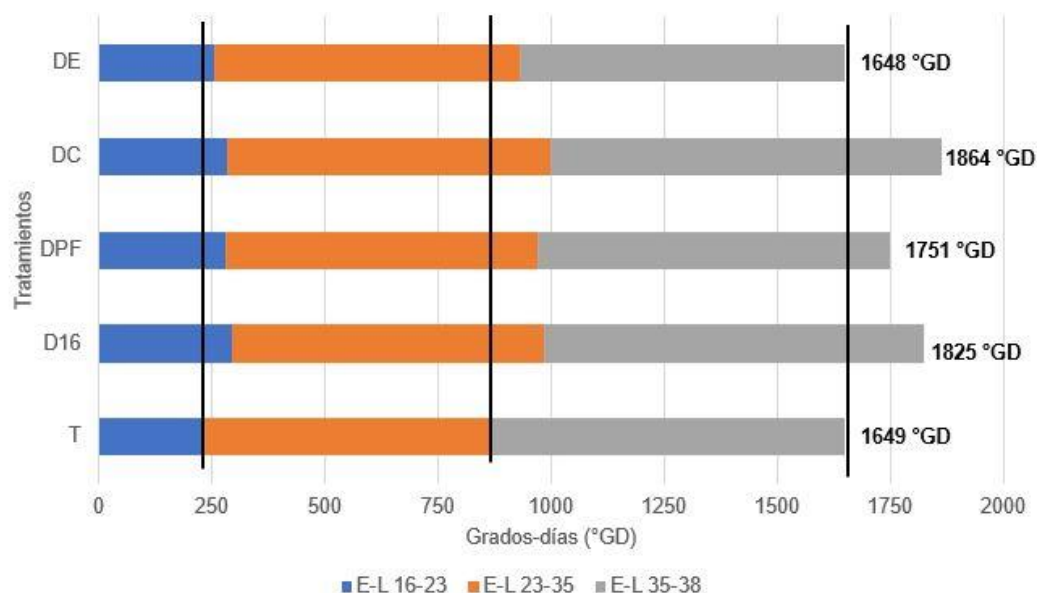
Cuadro 5. Temperatura de la canopia (°C) y del aire durante la maduración

Tratamientos	Temperatura promedio (°C)	Temperatura máxima promedio (°C)
T	24,2 _b	29,0
D16	25,3 _{ab}	30,0
DPF	24,2 _b	30,0
DC	25,8 _a	29,0
DE	23,1 _{bc}	30,0
Ambiente	22,0 _c	29,0
Tukey	p=0,0001	p=0,59 (ns)

Periodo evaluado del 10/01/2019 al 05/03/2019. Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Temperatura promedio y máxima promedio medida en la canopia comparada con la temperatura del ambiente. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns= sin diferencias significativas.

Se analizaron 3 períodos fenológicos, el primero abarca desde yema hinchada (16 E-L) hasta floración (23 E-L), el segundo, desde floración hasta envero (35 E-L) y por último desde envero a cosecha (38 E-L). Para este análisis, se tomó como referencia el T, el cual solo presentó intervención por el productor (Figura 9). En el análisis del largo del ciclo a través de la suma de grados días en base 10, desde que se aplicó el primer tratamiento (16 E-L) hasta cosecha (38 E-L).

En la primera etapa el tratamiento D16 fue el que presentó una mayor acumulación térmica (296° GD), siguiéndole el tratamiento DC (284° GD), DPF (280° GD), DE (256° GD) y T (234° GD). En la segunda etapa, el tratamiento que presentó mayor suma térmica fue el DC (714° GD), le sigue el D16 (690° GD), DPF (689° GD), DE (674° GD) y T (635° GD). En la última etapa comparados con el testigo (780° GD), el DC fue el que presentó mayor suma térmica (866° GD), le sigue el D16 (839° GD), DPF (782° GD) y el que presentó menos valor fue el DE (718° GD). En términos de porcentaje, el tratamiento DC presentó 13 % más en grados días comparados con el testigo, D16 (11%), DPF (6 %) y el DE fue el tratamiento que presentó por debajo al valor del testigo (-0,1 %).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Líneas negras corresponden con el fin de cada etapa fenológica con referencia al testigo.

Figura 9. Acumulación en grados días del ciclo productivo 2018-19

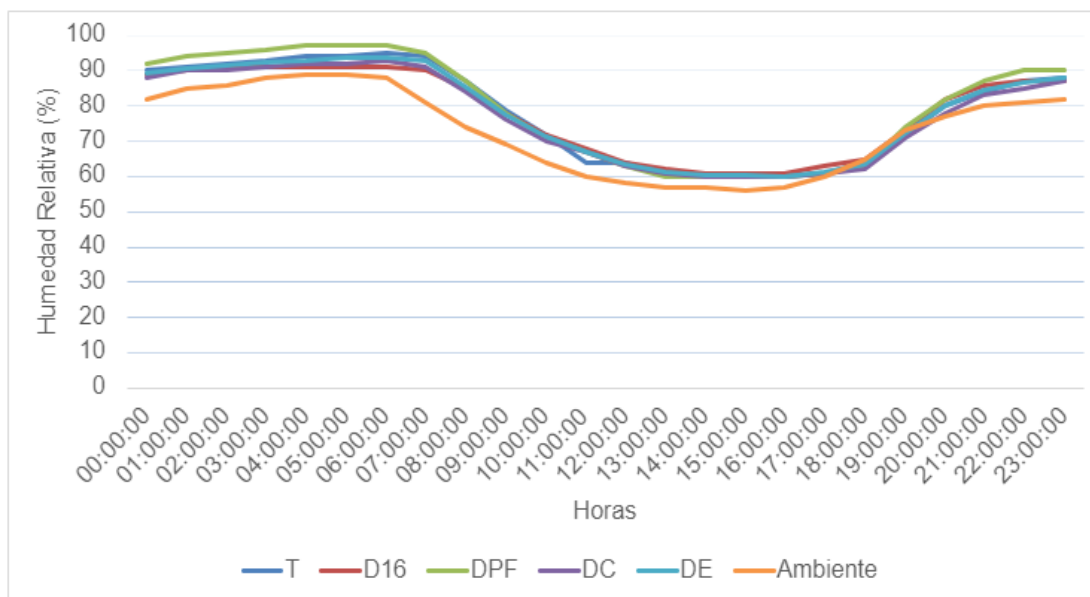
La humedad relativa promedio diaria (HR), de la zona del racimo durante la fase de maduración (10/01- 05/03/2019) se presenta en el Cuadro 6. Los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p= 0,0002$), presentaron valores superiores a la HR del ambiente y el DPF fue el tratamiento que presentó mayor HR.

Cuadro 6. Humedad relativa (%) en la canopia y del aire durante la maduración

Tratamientos	HR (%)
T	78,7 a
D16	78,8 a
DPF	80,0 a
DC	77,2 ab
DE	78,4 a
Ambiente	73,4 b
Tukey	p=0,0002

Periodo analizado desde 10/01/19 al 5/03/2019. Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Humedad relativa (%) promedio medida en la canopia comparada con la Humedad relativa (%) del ambiente. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns= sin diferencias significativas.

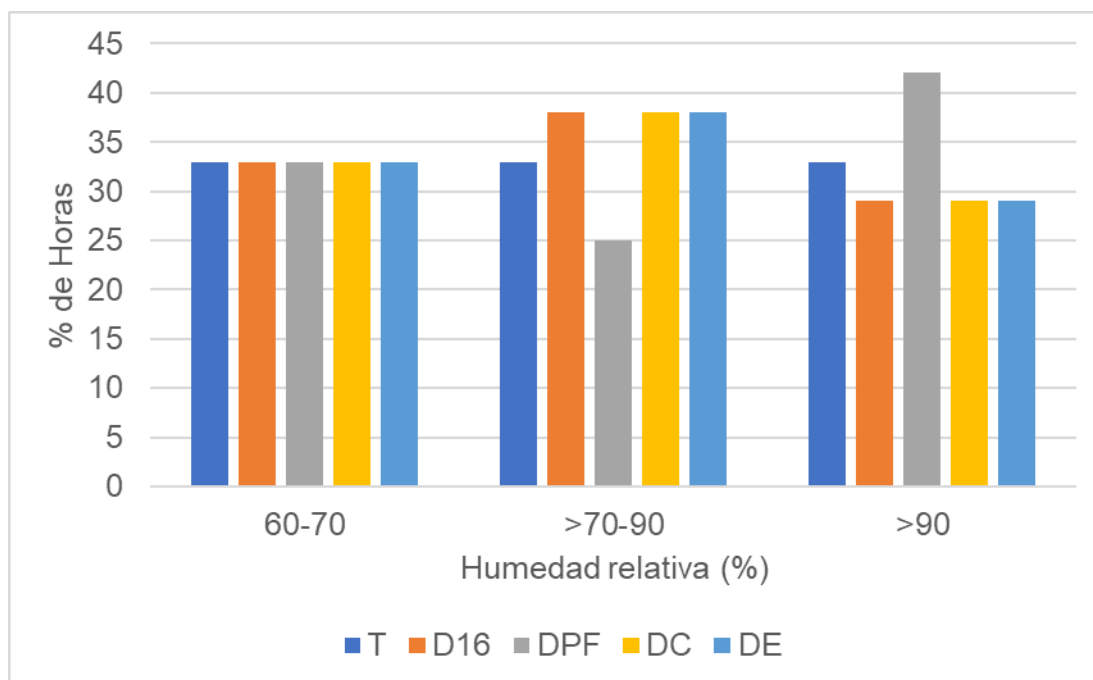
El análisis por hora de la humedad relativa en fase de maduración se presenta en la Figura 10. Todos los tratamientos desde las 0:00 hasta las 7:00 hrs., presentaron HR superior al 90 %. Por otro lado, a medida que aumenta la temperatura diaria, la humedad relativa disminuyó siendo el valor mínimo alcanzado 60 % en todos los tratamientos entre las 13:00 hrs. a las 17:00 hrs. A partir de las 18:00 hrs., la humedad relativa aumenta a valores que no superan el 90 %, principalmente el tratamiento DPF, que muestra por encima de todos los tratamientos.



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

Figura 10. Evolución horaria de la humedad relativa (%) en fase de maduración

El porcentaje de horas en la que la zona de racimo estuvo expuesta a un determinado rango de humedad relativa (%) se presenta en la Figura 11. El tratamiento DPF presentó 42 % de horas de racimos expuestos a una HR superior al 90 % durante el día, siendo este valor una limitante para el desarrollo de enfermedades fúngicas, generando condiciones propicias para su desarrollo.



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo.

Figura 11. Porcentaje de horas según rango de humedad relativa (%) año 2018-19

4.2. RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LA PLANTA

4.2.1. Potencial hídrico de la planta

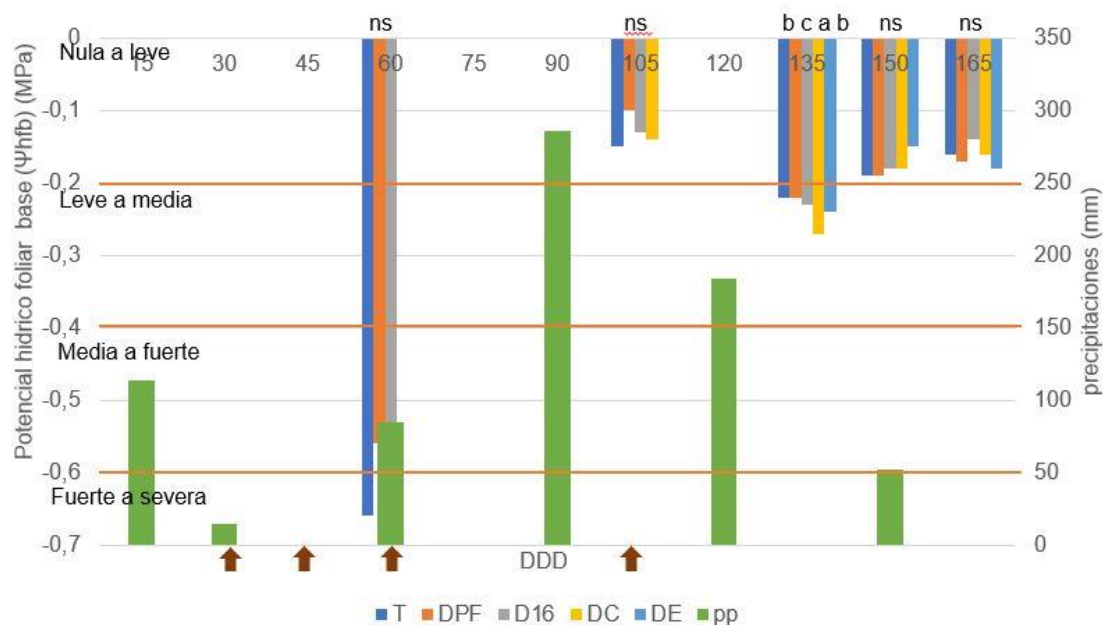
Los tratamientos presentaron diferentes niveles de restricciones en plantas, de fuerte a severas a comienzo del ciclo productivo a leves a finales del ciclo (Cuadro 7 y Figura 12). A los 60 DDD, fue donde hubo mayor restricción hídrica durante el ciclo catalogada de fuerte a muy fuerte con valores de -0,60 MPa, aunque sin diferencias entre tratamientos ($p=0,22$). A los 105 DDD la restricción hídrica pasó de nula a muy leve, con valores promedio de -0,13 MPa y sin diferencias entre tratamientos ($p=0,22$). A los 135 DDD, las restricciones fueron nula a media y los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p=0,0003$), siendo DC el que presentó la mayor restricción con valores de -0,27 MPa. A los 150 y 165 DDD las restricciones fueron nulas a muy leve con valores promedio de -0,18 MPa ($p=0,55$) y -0,13 MPa ($p=0,22$), respectivamente y sin diferencias entre tratamientos. Observándose la Figura 12, muestra que las

restricciones hídricas en la planta comenzaron a disminuir a medida que ocurrieron las precipitaciones, a partir de octubre las restricciones pasaron de severas a leves.

Cuadro 7. Potencial hídrico base (Ψ_{hfb}) medido en el ciclo 2018-19

Tratamiento	Medición (DDD)	Ψ_{hfb} (MPa)	Nivel de restricción en planta	Tukey ($p < 0,05$)
T	60	-0,6	fuerte a severa	p= 0,22 DMS= 0,015 (ns)
D16	60	-0,59		
DPF	60	-0,56		
T	105	-0,15	nula a muy leve	p= 0,22 DMS=0,067 (ns)
D16	105	-0,13		
DPF	105	-0,1		
DC	105	-0,14		
T	135	-0,22b	nula a media	p= 0,0003 DMS=0,048
D16	135	-0,23b		
DPF	135	-0,18c		
DC	135	-0,27a		
DE	135	-0,24b		
T	150	-0,19	nula a leve	p= 0,55 DMS=0,08 (ns)
D16	150	-0,18		
DPF	150	-0,18		
DC	150	-0,18		
DE	150	-0,15		
T	165	-0,17	nula a leve	p= 0,16 DMS=0,042 (ns)
D16	165	-0,14		
DPF	165	-0,17		
DC	165	-0,16		
DE	165	-0,18		

Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. DDD- Días desde el desborre. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p -valor $< 0,05$, ns= sin diferencias significativas.

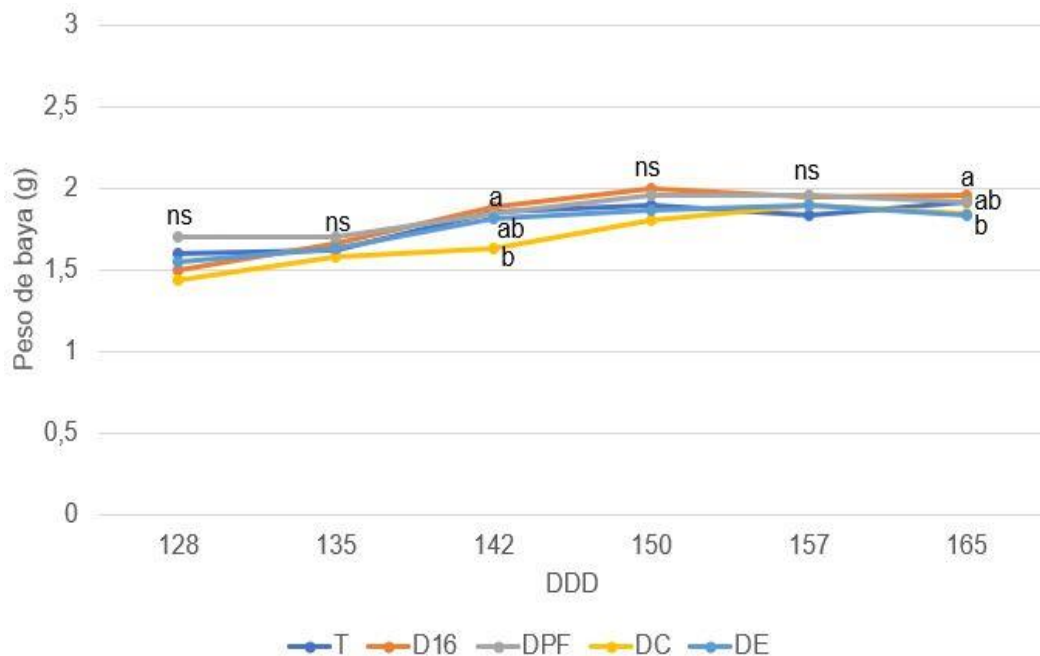


Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. DDD- Días desde el desborre. Flechas indican fecha de intervenciones (deshojado). Líneas naranjas indican umbrales de restricciones a nivel de la planta. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns= sin diferencias significativas.

Figura 12. Potencial hídrico foliar de base y precipitaciones mensuales acumuladas (mm) durante el ciclo fenológico 2018-19

4.2.2. Evolución del peso de la baya

La evolución del peso de la baya durante la fase de maduración presentó un crecimiento sostenido. A los 15 días posteriores (142 DDD) se dieron incrementos en el peso de la baya con diferencias significativas entre tratamientos (p=0,05). En cosecha, si bien no hubo diferencias (p=0,099), el tratamiento D16, fue el que presentó mayor peso con valores de 1,96 g, seguido de T 1,94 g, DPF 1,92 g, DC 1,84 g y DE 1,83 g (Figura 13).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. DDD-días desde desborre. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p -valor $<0,10$, ns= sin diferencias significativas.

Figura 13. Crecimiento de la baya durante la maduración (35-38 E-L)

4.2.3. Componentes de la baya

Los componentes de la baya (peso de pulpa, peso de hollejo, peso y cantidad de semillas) se evaluaron en dos estados fenológicos, envero (35 E-L) y cosecha (38 E-L). En envero (35 E-L), los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p=0,0002$) para peso de pulpa, siendo T, D16 y DC, los tratamientos con menor peso de pulpa, valores de 1,38-1,42 g/baya. Sin embargo, para las otras variables no hubo diferencias significativas. En el caso de peso de semilla, los valores fueron entre 0,08-0,10 g/baya ($p=0,32$), para peso de hollejo, los valores fueron entre 0,05-0,08 g/baya ($p=0,48$) y para cantidad de semillas el total fueron de 3/baya para todos los tratamientos ($p=0,35$, Cuadro 8).

Cuadro 8. Componentes físicos de la baya en envero promedio (35 E-L)

Tratamiento	Peso de baya (g)	Peso de semilla (g/baya)	Peso de hollejo (g/baya)	peso de pulpa (g/baya)	cantidad de semillas promedio
T	1,59	0,08	0,05	1,46 b	3
D16	1,5	0,1	0,08	1,32 bc	3
DPF	1,7	0,1	0,08	1,52 a	3
DC	1,44	0,1	0,08	1,26 c	3
DE	1,55	0,08	0,06	1,41 b	3
Tukey (p<0,05)	p=0,40 (ns)	p=0,32 (ns)	p=0,38 (ns)	0,0001	p=0,35 (ns)

Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16 E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns=sin diferencias significativas.

En cosecha (38 E-L), los tratamientos presentan diferencias significativas entre los componentes de la baya (Cuadro 9). Para peso de semilla (g/baya), los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p<0,0002$), siendo el DPF el que presentó los mayores valores de 0,10 g/baya. Para peso de hollejo (g/baya), hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0,001$), siendo el DPF el que presentó mayor peso de hollejo 0,34 g/baya. En el caso del peso de pulpa (g/baya), los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p=<0,0001$), el tratamiento D16 fue el que presentó mayor peso de pulpa 1,74g/baya y el que presentó menor peso fue el DPF 1,49 g/baya. En cantidad de semillas por bayas, el tratamiento DPF se diferenció de los otros tratamientos ($p<0,0001$), presentando menos cantidad de semillas (2). el tratamiento DPF fue el que presentó menos cantidad de semillas en relación con los otros tratamientos ($p=<0,0001$).

Cuadro 9. Componentes físicos de la baya en cosecha promedio (38 E-L)

Tratamiento	Peso de baya (g)	Peso de semilla (g/baya)	Peso de hollejo (g/baya)	peso de pulpa (g/baya)	cantidad de semillas promedio(baya)
T	1,94 ab	0,08 b	0,14 b	1,72 b	3b
D16	1,96 a	0,072 b	0,15 b	1,74 a	3 b
DPF	1,92 ab	0,1 a	0,34 a	1,48 d	2a
DC	1,84 b	0,078 b	0,13 b	1,63 cd	3b
DE	1,83 b	0,074 b	0,09 c	1,67 bc	3b
Tukey	p=0,099	p<0,0002	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001

Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns=sin diferencias significativas.

4.2.4. Relación entre peso de los componentes y peso de baya

Al encontrarse diferencias entre los componentes de la baya por tratamiento, se analiza la relación entre el peso de los componentes (semillas, hollejo y pulpa) con respecto al peso de baya en cosecha (E-L 38). El peso de semilla presenta diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,025$), siendo DPF el que presentó el mayor porcentaje (5,3 %). El peso de hollejo también presentó diferencias significativas ($p=0,0001$) siendo el DPF el que presentó 18 % de peso de hollejo en relación con el peso de baya, con respecto a los otros tratamientos presentó entre 10-13 % por encima en peso de hollejo. El peso de pulpa no mostró diferencias significativas ($p=0,59$) entre los tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Relación entre peso de los componentes y el peso de baya en cosecha

Tratamiento	PS/PB (%)	PH/PB (%)	PP/PB (%)
T	4,3 ab	7,7 b	88
D16	4,0 b	7,7 b	88,3
DPF	5,3 a	18,0 a	76,7
DC	4,3 ab	5,3 b	90,4
DE	4,0 b	5,0 b	91
Tukey	p=0,025	p=0,0001	p=0,59 (ns)

Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16 E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. PS= peso de semilla, PB=peso de baya, PH= peso de hollejo, PP= peso de pulpa. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns= sin diferencias significativas.

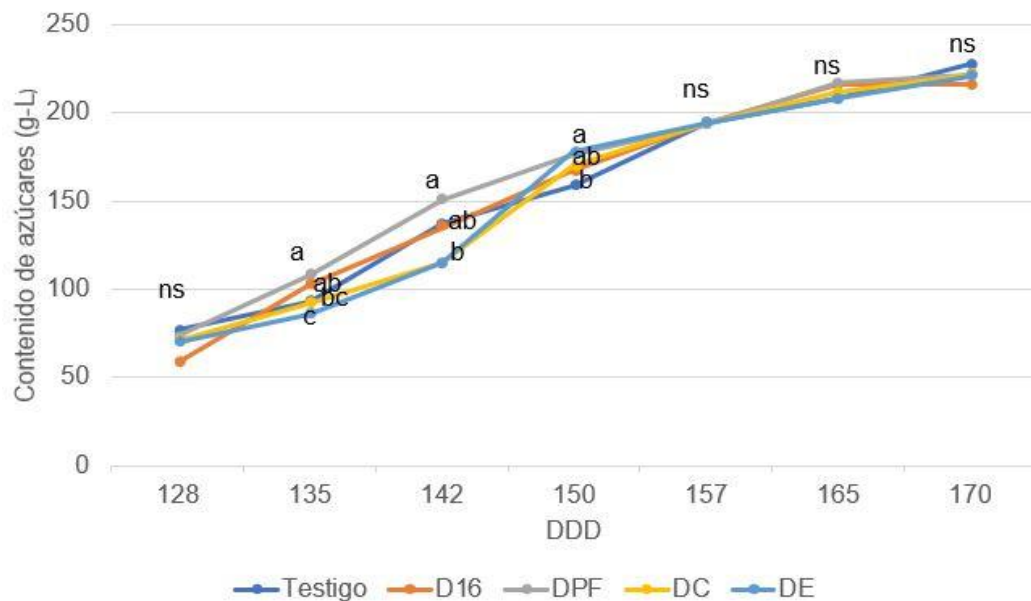
4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BAYA

4.3.1. Evolución de los metabolitos primario

4.3.1.1. Azúcares

El contenido de azúcares expresado en g-L durante la maduración y hasta cosecha se incrementa de manera sostenida para todos los tratamientos.

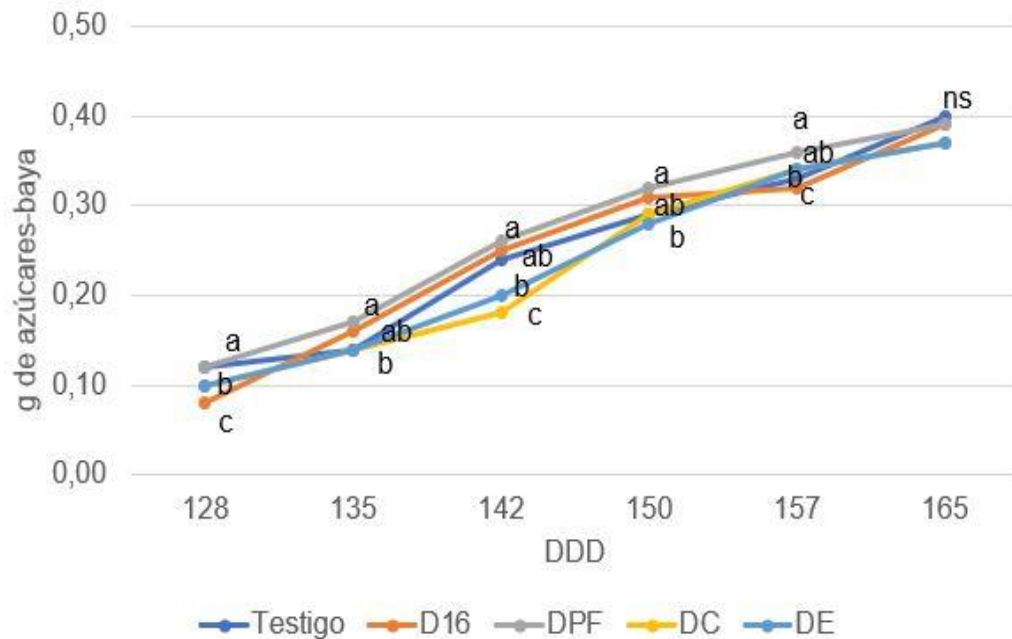
En fase de maduración, el tratamiento DPF presenta mayor contenido de azúcares, diferenciándose de los otros tratamientos ($p < 0,05$) a los 135, 142 y 150 DDD. A partir de los 157 DDD los tratamientos se asemejan en el contenido de azúcares, llegando a cosecha sin diferencias significativas entre ellos ($p = 0,4$) con promedios de 221 g-L (Figura 14).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p -valor $<0,05$, ns= sin diferencias significativas.

Figura 14. Evolución de los azúcares durante la maduración por tratamiento

Para el análisis del contenido de azúcares por baya, se utilizaron registros de los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) expresados en contenido de azúcares del mosto en relación con el volumen promedio de la baya. La evolución de azúcares y la acumulación de azúcares por baya presentaron diferencias significativas durante la fase de maduración ($p < 0,05$). El tratamiento DPF fue el que presentó un crecimiento sostenido en toda la fase de maduración comparado con los otros tratamientos, finalizando en cosecha con 0,40 mg de azúcares en relación con peso de baya, sin presentar diferencias significativas con el resto de los tratamientos ($p = 0,11$, Figura 15).

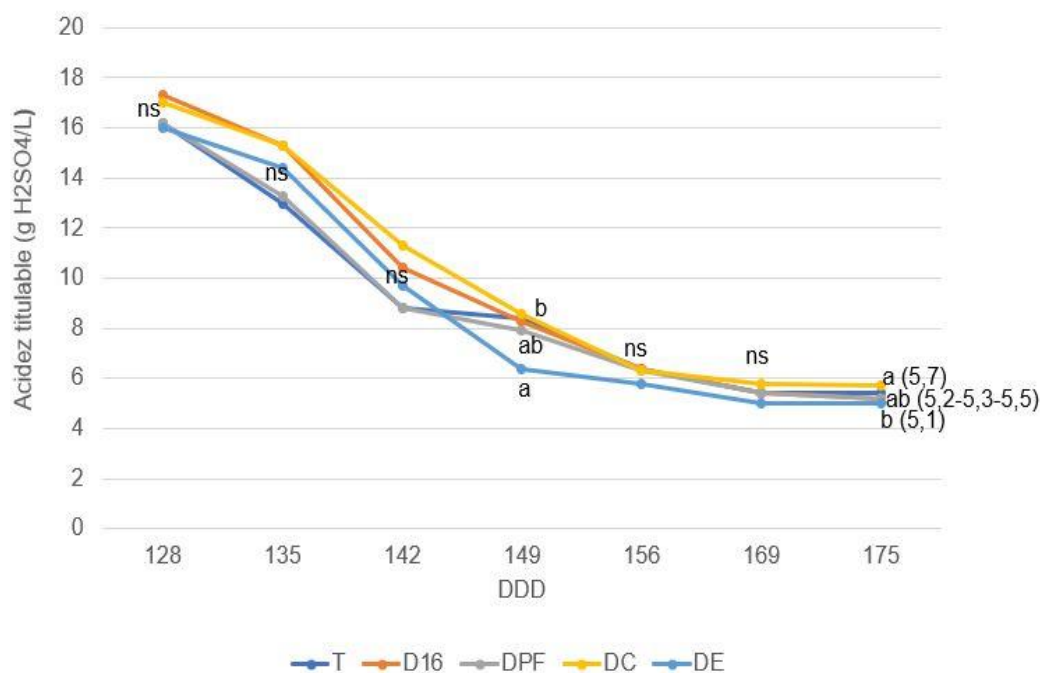


Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p -valor $< 0,05$, ns=sin diferencias significativas.

Figura 15. Acumulación de azúcares por peso de baya durante maduración

4.3.1.2. Acidez titulable

La acidez titulable medida durante la fase de maduración disminuye en todos los tratamientos, sin diferencias significativas a lo largo del ciclo ($p=0,99$), Figura 17. Sin embargo, al analizar por fechas de muestreo, a los 149 DDD, los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p=0,04$). El tratamiento DE, fue el que presentó menor valor de acidez con 6,4 g H_2SO_4/L , le siguió DPF 7,9 g H_2SO_4/L , mientras que los tratamientos con mayores niveles de acidez fueron, D16, T y DC con 8,3, 8,4 y 8,6 g H_2SO_4/L , respectivamente. En cosecha, los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p=0,04$). El tratamiento DC fue el que presentó mayor nivel de acidez 5,7 g H_2SO_4/L , seguido por T con 5,5 g H_2SO_4/L , DPF con 5,3 g H_2SO_4/L , D16 con 5,2 g H_2SO_4/L y finalmente el DE fue el que presentó menor nivel de acidez con 5,1 g H_2SO_4/L (Figura 16).

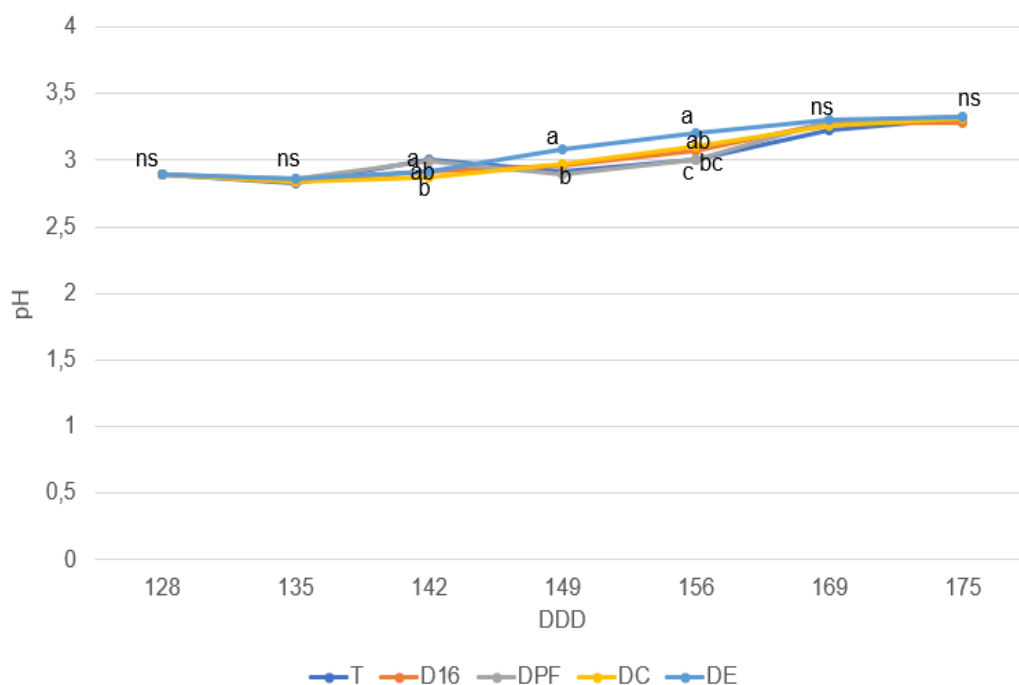


Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero(35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p -valor $<0,05$, ns=sin diferencias significativas.

Figura 16. Evolución de la acidez titulable durante maduración

4.3.1.3. pH

El pH del mosto medido durante la etapa de maduración presentó diferencias significativas ($p=0,002$). Al realizar el análisis por fecha, a los 142 DDD se encontraron diferencias entre tratamientos ($p=0,007$), el T fue el que presentó mayor valor de 3,01. A los 149 DDD ($p=0,0002$), el DE fue el tratamiento que presentó mayor valor de 3,08 y a los 156 DDD ($p=0,0001$), el tratamiento DE mantuvo el mayor valor de pH con 3,2. Al momento de cosecha, los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p> 0,05$), con valores de pH de 3,3 (Figura 17).



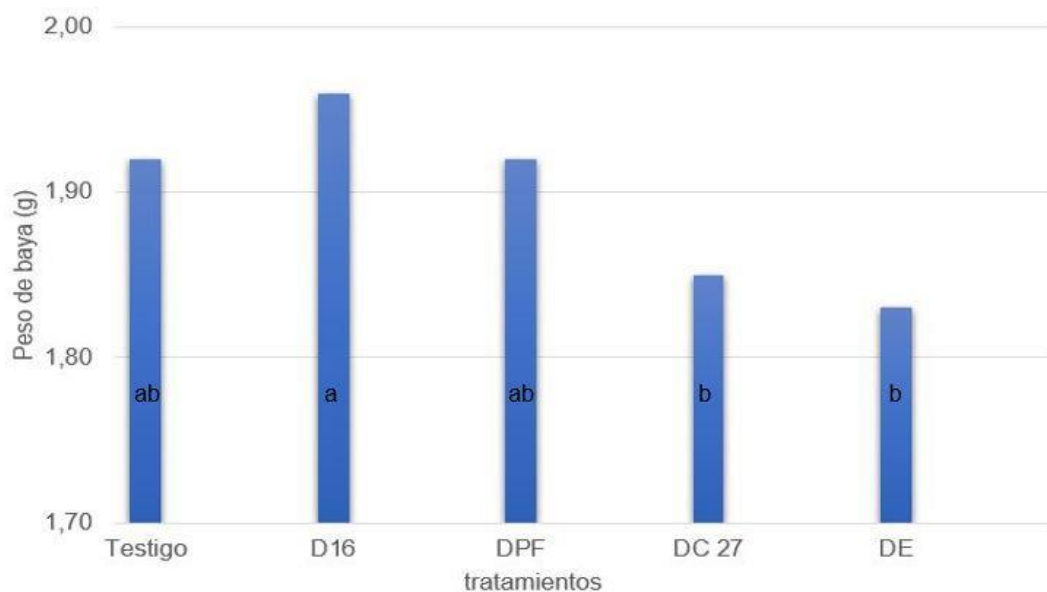
Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero(35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p -valor $<0,05$, ns= sin diferencias significativas.

Figura 17. Evolución del pH durante la maduración

4.4. RESPUESTA DE LA BAYA EN COSECHA

4.4.1. Peso de baya

El peso de la baya, no se detectó diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,099$), siendo el D16 el que presentó mayor peso de baya con registro de 1,96 g, seguido por el T 1,94 g, DPF 1,92 g, DC con 1,85 g y DE con 1,84 g (Figura 18).

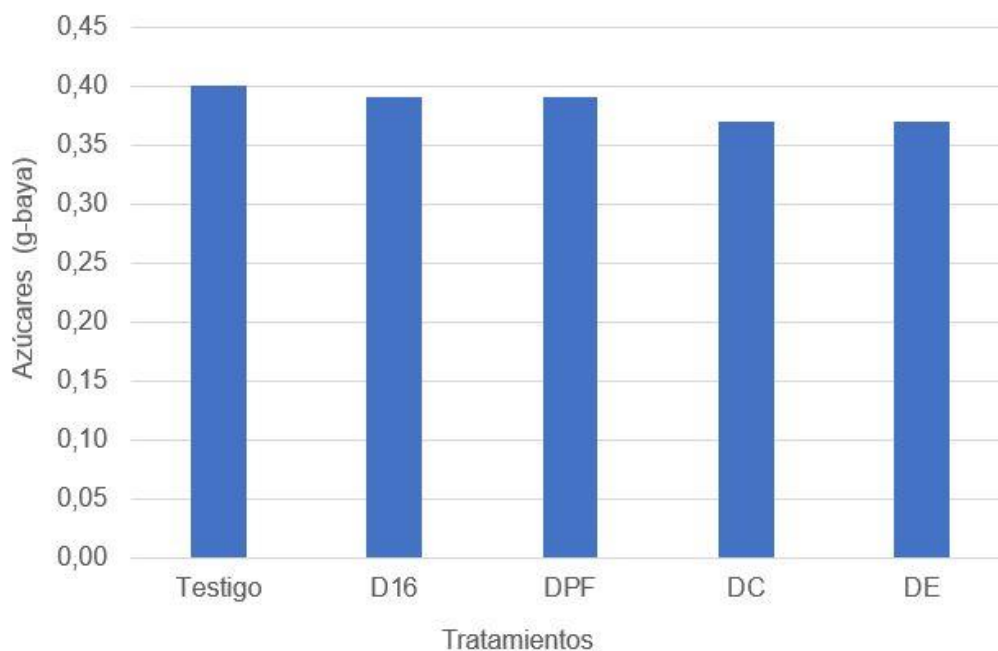


Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Tratamientos que no presentaron diferencias significativas (ANOVA- Tukey $p=0,099$).

Figura 18. Peso de baya en cosecha (38 E-L)

4.4.2. Contenido de azúcares por baya

La evolución de la cantidad de azúcares expresada en g-baya no mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados en cosecha ($p=0,60$, Figura 19).

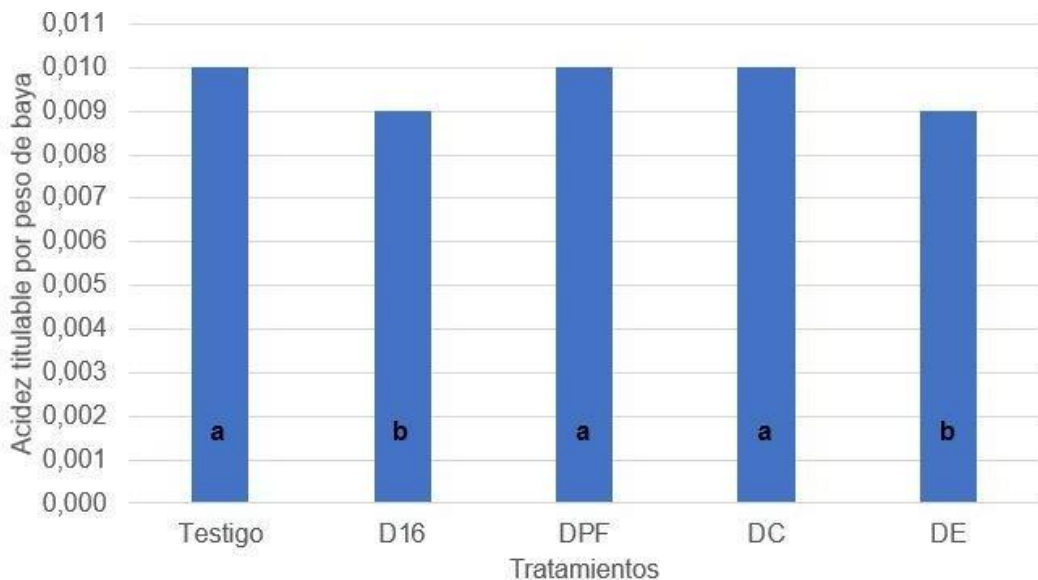


Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Tratamientos que no presentaron diferencias significativas (ANOVA- Tukey $p=0,60$).

Figura 19. Cantidad de azúcares en cosecha 38 E-L (gramos por baya)

4.4.3. Contenido de acidez por baya

En cosecha, se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) en el contenido de acidez ($\text{g H}_2\text{SO}_4/\text{L}$) con relación al peso de baya. Los tratamientos T, DPF y DC fueron los que presentaron mayor acidez por baya con valores de $0,010 \text{ g H}_2\text{SO}_4\text{-baya}$, le siguen D16 y DE con $0,009 \text{ g H}_2\text{SO}_4\text{-baya}$ cada uno (Figura 20).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes (ANOVA- Tukey $p < 0,001$)

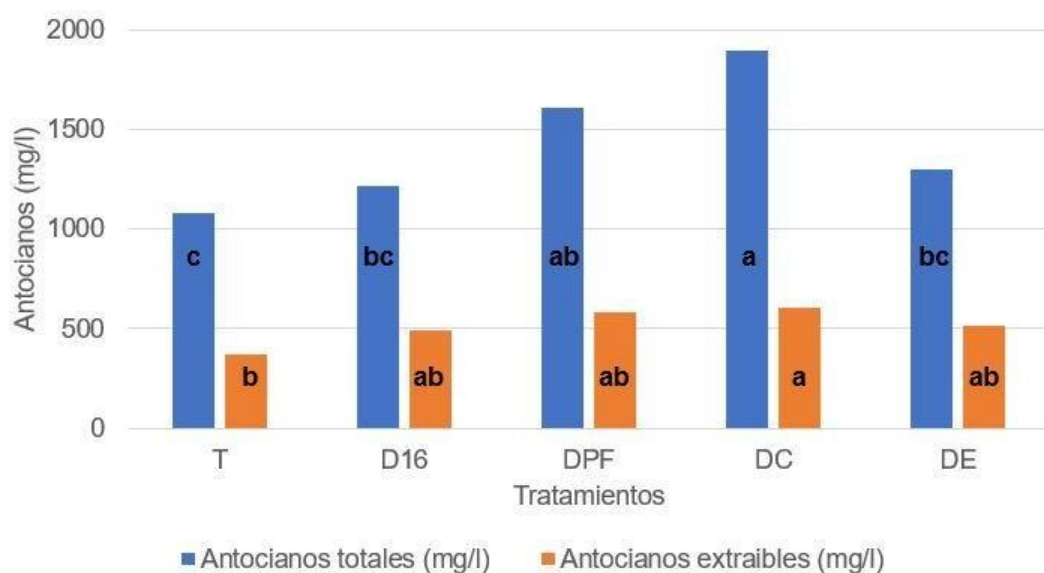
Figura 20. Contenido de acidez titulable (g H₂SO₄-baya) en cosecha (38 E-L)

4.4.4. Metabolismo secundario

4.4.4.1. Contenido de polifenoles

El contenido de antocianos totales (ApH1) y extraíbles (ApH 3,2) fueron analizados en cosecha. El contenido de antocianos totales (ApH1) presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p = < 0,0001$). El tratamiento DC fue el que presentó mayor contenido de polifenoles totales con valores de 1896 mg/L, le sigue el tratamiento DPF con 1612 mg/L, los tratamientos DE y D16 fueron similares con 1303 y 1214 mg/L y el T presentó el menor valor con 1080 mg/L.

En el contenido de polifenoles extraíbles (ApH 3,2), también se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,05$). El tratamiento DC fue el que presentó el mayor valor de 602 mg/L, seguido por DPF, DE y D16 con valores de 579, 516 y 493 mg/L respectivamente, siendo T el que presentó el menor valor con 370 mg/L (Figura 21).



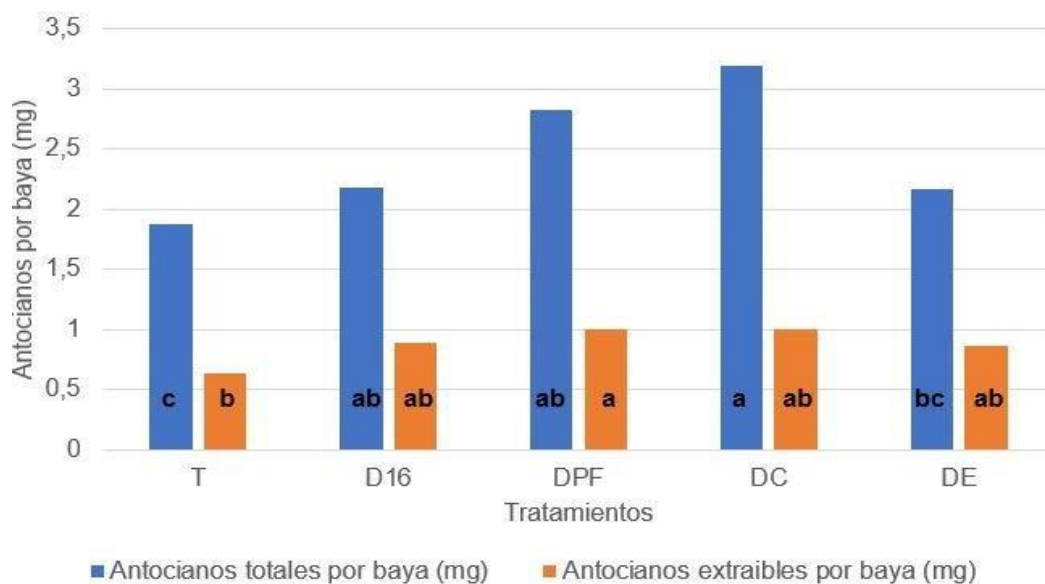
Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero (35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns=sin diferencias significativas.

Figura 21. Contenido de antocianos potenciales (ApH 1) y antocianos extraíbles (ApH 3,2) en cosecha (38 E-L)

4.4.4.2. Contenido de polifenoles por baya

El contenido de antocianos totales (ApH1) y extraíbles (ApH 3,2) en relación con el peso de baya, presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,0001$). El tratamiento DC fue el que presentó mayor contenido de polifenoles totales 3,19 mg-baya, le siguieron DPF, D16 y DE, los cuales no presentaron diferencias entre ellos con valores de 2,82; 2,18 y 2,17 mg- baya y, finalmente el T presentó el menor valor con 1,88 mg-baya.

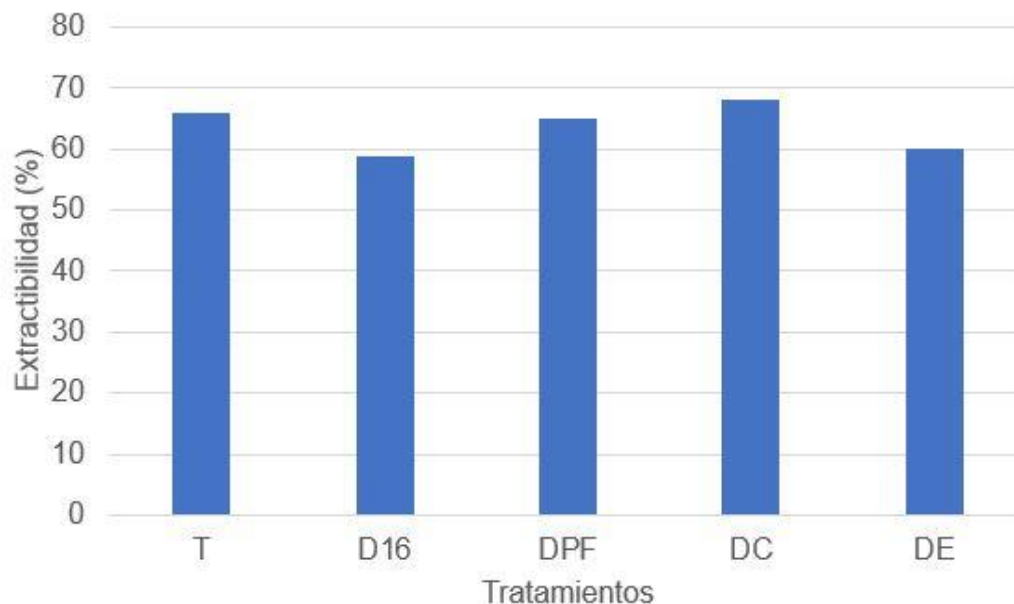
En el contenido de antocianos extraíbles (ApH 3,2), expresados por baya también se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,04$). El tratamiento DPF fue el que presentó el mayor valor con 1,01 mg- baya, seguido por los tratamientos DC, D16 y DE con 1,0, 0,89 y 0,86 mg-baya, respectivamente; mientras que el T presentó el menor valor con 0,64 mg-baya (Figura 22).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero(35 E-L) y testigo. Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas según test de Tukey p-valor <0,05, ns=sin diferencias significativas

Figura 22. Contenido de antocianos potenciales (ApH 1) y antocianos extraíbles (ApH 3,2) expresado por baya

El porcentaje de extractibilidad (EA%), no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,58$), con valores por encima de 59 % de EA (Figura 23).

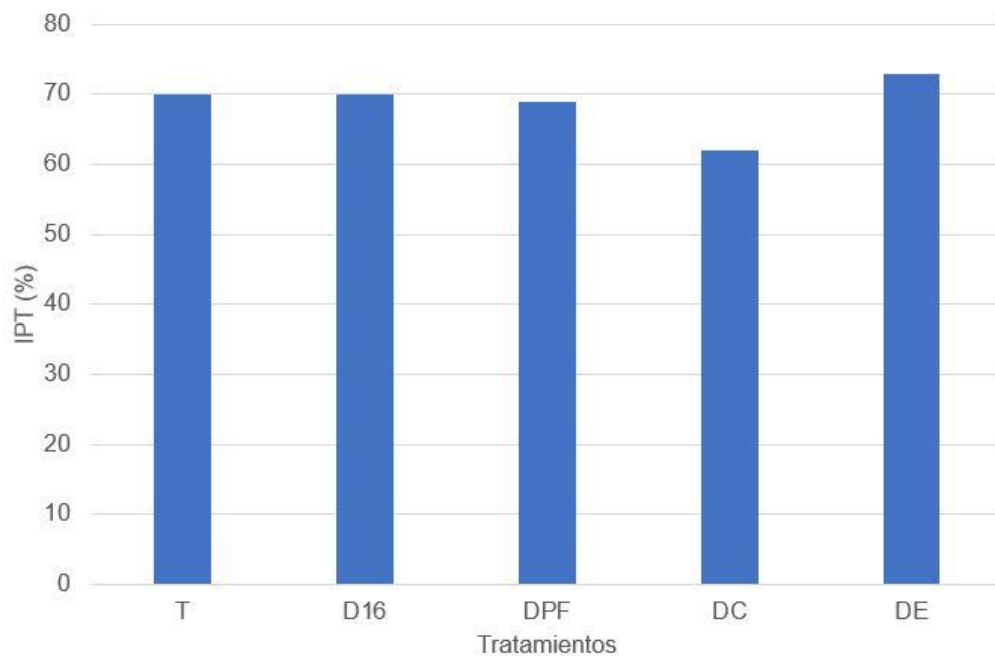


Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero(35 E-L) y testigo. Tratamientos que no presentaron diferencias significativas (ANOVA-Tukey $p=0,58$)

Figura 23. Índice de extractibilidad (%) en cosecha

4.4.4.3. Riqueza fenólica (IPT)

Con respecto a la riqueza fenólica (λ_{280}), se analizó el índice de polifenoles totales, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,39$, Figura 24).



Referencias: D16- deshojado en yema hinchada (16E-L), DPF- deshojado en prefloración (21 E-L), DC- deshojado en cuajado (27 E-L), DE- deshojado en envero(35 E-L) y testigo. Tratamientos sin diferencias significativas (ANOVA- $p=0,39$).

Figura 24. Riqueza fenólica (IPT)

4.5. COMPONENTES PRINCIPALES

4.5.1. Variables medidas en cosecha

El análisis de componentes principales explica un 66 % de la variabilidad total encontrada en los datos. En el componente principal 1 (CP1) explica el 38 % de la varianza y el CP2 el 28 % restante. En el primer caso, se separaron los tratamientos DC del resto (T, D16, DPF y DE), asociándolo con las variables GD° , temperatura media, acidez titulable y antocianos totales y extraíbles. Mientras que los tratamientos T y D16 se asociaron con el peso de pulpa, el DPF con el peso de hollejo, semilla y la HR (%) y el DE con el IPT (Figura 25).

El tratamiento DC, presentó una asociación fuerte con la variable de acidez y una menor correlación con las variables ApH 1 y 3,2, % EA, temperatura media y suma térmica (GD°). En cambio, los componentes físicos de la baya (peso de hollejo y semilla) y en menor relación la HR (%) estuvieron asociadas al tratamiento DPF. La variable peso de pulpa (g) se asoció al testigo (T) y al D16. La variable IPT (índice de polifenoles totales) se relacionó con el tratamiento DE. Además, a mayor peso de hollejo y de semilla en baya menor fue el peso de pulpa y menor la cantidad de semillas. A mayor cantidad de antocianos potenciales (ApH1) menor es el IPT. Las variables temperatura máxima, peso de baya, potencial hídrico base, pH, azúcares y cantidad de semillas, no presentaron relación con ninguno de los tratamientos. Por último, las variables de componentes químicos (ApH1, ApH 3,2, acidez titulable), los parámetros microclimáticos (Temperatura máxima y promedio, suma térmica (°GD), HR (%), peso de baya y potencia hídrico foliar base, presentan alta relación entre ellas (Figura 25).

Las variables físicas de la baya se relacionaron entre sí de la siguiente manera (Cuadro 11). El peso de semilla (g/baya) se relacionó positivamente con el peso de hollejo (g/baya) ($r=0,91$, $p=0,03$). Por otro lado, la suma térmica se correlaciono positivamente con la temperatura media ($r=0,85$, $p=0,07$). Con respecto a los compuestos químicos, se obtuvieron las siguientes correlaciones positivas; la acidez titulable con el %EA ($r=0,87$, $p=0,006$); IPT con el potencial hídrico ($r=0,87$, $p=0,06$) y antocianos potenciales (ApH1) con antocianos extraíbles ($r=0,89$, $p=0,041$, Cuadro 11).

Las variables que se correlacionan negativamente son: número de semillas con peso de hollejo ($r=-0,98$, $p=0,01$), peso de semilla y peso de hollejo con peso de pulpa ($r=-0,95$, $p=0,013$) ($r=-0,85$, $p=0,067$) respectivamente, número de semilla con la HR ($r=-0,90$, $p=0,041$), acidez titulable con temperatura máxima ($r=-0,87$, $p=0,057$), IPT con acidez titulable ($r=-0,89$, $p=0,04$), antocianos totales, %EA y acidez titulable con potencial hídrico ($r=-0,81$, $p=0,099$) ($r=-,81$, $p=0,094$) ($r=-0,80$, $p=0,1$) respectivamente.

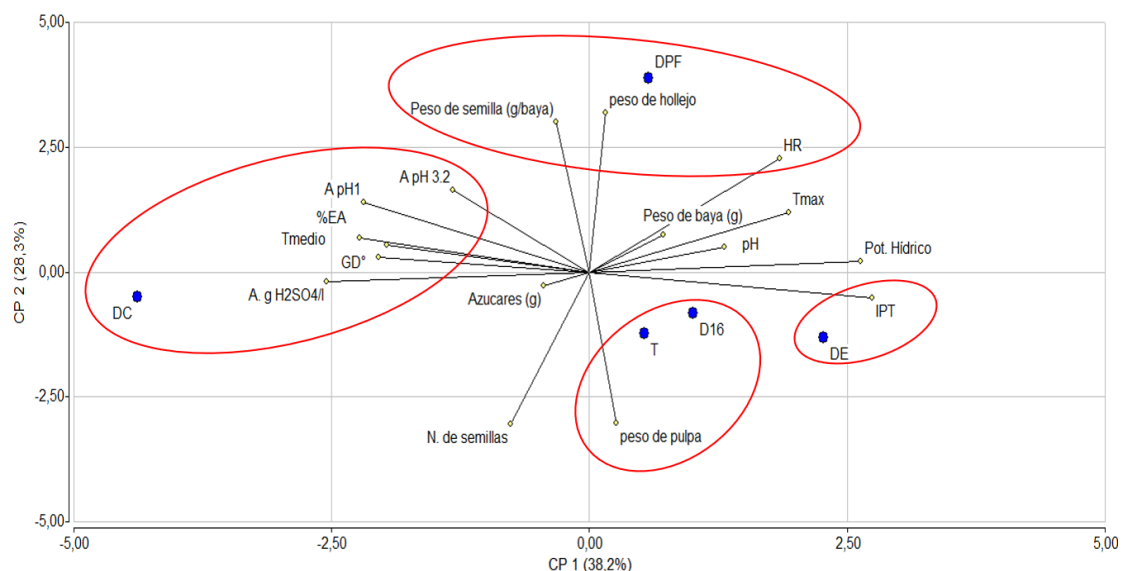


Figura 25. Diagrama de componentes principales evaluadas en cosecha

Cuadro 11. Matriz de correlaciones (coeficientes/probabilidades) entre variables del ACP

	PB (g)	PS (g)	PH (g)	PP (g)	CS	HR (%)	T.máx.	T. media	GD°	Ψhb (Mpa)	Azúcares	Ac. titulable (g H2SO4/L)	pH	IPT (UA)	ApH 1	ApH 3,2	EA (%)
PB (g)	1	0,91	0,5	0,83	0,42	0,33	0,75	0,44	0,74	0,32	0,68	0,96	0,42	0,86	0,47	0,55	0,64
PS (g)	0,07	1	0,033	0,013	0,08	0,3	0,93	0,94	0,99	0,86	0,63	0,82	0,56	0,71	0,46	0,56	0,4
PH (g)	0,4	0,91	1	0,067	0,01	0,12	0,59	0,8	0,82	0,78	0,95	0,95	0,86	0,85	0,64	0,57	0,76
PP (g)	0,13	-0,95	-0,85	1	0,12	0,37	0,73	0,89	0,97	0,81	0,84	0,99	0,51	0,75	0,33	0,32	0,52
CS	-0,48	-0,83	-0,98	0,78	1	0,041	0,042	0,98	0,99	0,53	0,87	0,71	0,78	0,88	0,87	0,72	0,99
HR (%)	0,56	0,58	0,77	-0,52	-0,9	1	0,27	0,66	0,59	0,5	0,89	0,35	0,59	0,38	0,57	0,82	0,58
T.máx.	0,2	0,05	0,33	-0,22	-0,5	0,61	1	0,46	0,89	0,2	0,16	0,053	0,91	0,29	0,76	0,67	0,09
T. media	0,46	0,05	0,15	0,09	0,0	-0,27	-0,437	1	0,07	0,45	0,82	0,13	0,08	0,094	0,49	0,73	0,46
GD°	0,21	-0,01	0,14	-0,02	0,0	-0,33	-0,084	0,85	1	0,4	0,39	0,37	0,05	0,11	0,23	0,25	0,72
Ψhb (Mpa)	0,57	-0,11	0,17	0,15	-0,4	0,74	0,689	-0,45	0	1	0,65	0,1	0,76	0,06	0,099	0,39	0,094
Azúcares	-0,25	0,29	-0,04	-0,13	0,1	-0,09	-0,726	-0,14	-1	-0,28	1	0,48	0,3	0,91	0,86	0,41	0,22
Ac. titulable (g H2SO4/L)	-0,03	0,14	-0,04	0,00	0,2	-0,54	-0,873	0,77	1	-0,80	0,43	1	0,5	0,04	0,38	0,86	0,06
pH	-0,47	0,36	0,11	-0,39	-0,2	0,33	0,072	-0,84	-1	0,19	0,59	-0,40	1	0,35	0,72	0,7	0,92
IPT (UA)	0,11	-0,23	-0,12	0,20	-0,1	0,51	0,591	-0,81	-1	0,87	-0,07	-0,89	0,54	1	0,097	0,35	0,13
ApH 1	-0,43	0,43	0,29	-0,56	-0,1	-0,34	-0,187	0,41	1	-0,81	-0,11	0,51	-0,2	-0,81	1	0,041	0,28
ApH 3,2	-0,36	0,35	0,34	-0,56	-0,2	-0,14	0,262	0,21	1	-0,50	-0,48	0,11	-0,2	-0,53	0,89	1	0,75
EA (%)	-0,28	0,49	0,19	-0,39	0,0	-0,34	-0,806	0,44	0	-0,81	0,67	0,87	0,06	-0,77	0,61	0,1972	1

Referencias: PB -Peso de baya, PS – Peso de semillas, PH-Peso de hollejo, PP- Peso de pulpa, CS- cantidad de semillas, TC- temperatura de canopia, Ψhb- Potencial hídrico base, IPT -riqueza fenólica, A (pH1 y 3,2)- antocianos totales y extraíbles, %EA- porcentaje de extractibilidad.

5. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO DE ESTUDIO

Los índices bioclimáticos del año de estudio difieren de la serie histórica, cambiando de categoría, pasando de templado a templado cálido según la caracterización de Tonietto y Carbonneau (2004). Sin embargo, el IF del año de estudio permanece con las características de noches templadas en acuerdo a esos mismos autores (Cuadro 3). Respecto al factor hídrico, las condiciones climáticas para el ciclo en el año de estudio se caracterizan por presentar un régimen de precipitaciones, sin déficit en etapas tempranas, a diferencias de lo calculado en la serie histórica (1987-2017, Figuras 6 y 7). Las temperaturas máximas (28/18 °C, día/noche) registradas durante el ciclo no muestran diferencias con la serie histórica.

A nivel microclimático, el efecto de los tratamientos incide directamente sobre la temperatura de canopia, aumentándola en comparación a la temperatura ambiente, a partir de los 90 días después de desborre (Cuadro 4 y Figura 8). Esto coincide con lo reportado con 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 (Smart y Robinson 1992, Muñoz et al. 2002, Piccardo 2008, Tardáguila et al. 2010). Por otro lado, se detectan diferencias de temperatura de canopia de los tratamientos respecto al testigo durante el ciclo, con valores significativamente superiores, confirmando lo reportado por dichos autores (Cuadros 4 y 5).

El efecto de los deshojados logra obtener mayor acumulación de temperatura calculado por la suma de grados días (°GD), con mayor valor en el tratamientos DC con respecto al testigo (Figura 9). Según lo reportado por Ferrer et al. (2011), la variedad Tannat en el Sur del país, en fase de maduración acumula 835 °Gd sin intervenciones, siendo un parámetro afectado directamente por el “efecto año”. Para este tratamiento hay un efecto directo (4%) por encima al valor de referencia.

La humedad relativa de la canopia determinada en maduración, muestra diferencias de los tratamientos respecto al ambiente. La comparación entre los tratamientos muestra que el 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 (Pallioti et

al., 2011). Esta respuesta elevaría la humedad relativa de la canopia en fase de maduración, según los resultados del Cuadro 6, Figuras 10 y 11.

En relación con la disponibilidad de agua en el suelo, medido a través del potencial hídrico y caracterizado según Ojeda et al. (2008), el ciclo de estudio presenta las mayores restricciones catalogadas de fuerte a severa (60 DDD), que se corresponde al estado fenológico 27 E-L (cuajado, Figura 12). A partir de ese momento no se reportan restricciones hídricas significativas a lo largo del ciclo, coincidiendo con la distribución de lluvias (Cuadro 7 y Figura 7). Durante la fase de maduración no hubo restricciones hídricas en los meses de enero y febrero, siendo que las precipitaciones superan la ETP, sugiriendo que el crecimiento de la baya no fue condicionado.

5.2. EFECTO DE LOS DESHOJADOS EN EL PESO Y COMPONENTES FÍSICOS DE LA BAYA

A lo largo de la fase de maduración, realizar deshojados en distintos momentos durante el ciclo, no tuvo efecto directo de disminución en el peso de la baya, a diferencia de lo reportado por Intrieri et al. (2008), Poni et al. (2009), Palliotti et al. (2011), lo que sugiere que las condiciones anuales incidieron en la en la repuesta obtenida. Sin embargo, el tratamiento DC presenta menor peso con respecto a los demás hasta los 14 días después de envero (142 DDD). Este resultado coincide con Ollat y Gaudillere (1998) quienes indican que, deshojar en cuajado reduce el crecimiento de la baya durante la maduración y en consecuencia se enlentece momentáneamente el crecimiento de esta (Figura 13).

En cosecha, todos los tratamientos presentan un peso de baya superior al valor promedio nacional (1,80 g) reportado para esta variedad por González-Neves et al. (2006). La variación en el tamaño de la baya se establece en las primeras etapas de su desarrollo (Gray y Coombe, 2009), sin embargo, los tratamientos deshojados tienen una fuerte influencia en el tamaño de estas, indicando que se corresponde con la componente hídrica del año (Cuadro 7 y Figura 12). Los tratamientos D16 y DPF son de mayor peso, en contraposición a los resultados presentados por Intrieri et al. (2008), Tardáguila et al. (2010), Sabattini y Howell (2010). Estos autores reportan que con deshojados realizados antes y durante floración, reduce el cuajado y la producción, obteniendo bayas más pequeñas. El resultado obtenido en este trabajo coincide con Arrillaga et al. (2021), quienes reportan el peso de baya fue mayor en el año 2019. Debiéndose a un menor número de bayas por racimo durante la etapa de crecimiento y causando un crecimiento compensatorio durante la etapa de maduración. Sin bien, en este trabajo no se evalúa rendimiento, muchos autores indican que deshojar antes de floración, reduce la productividad, ya que se reduce la cantidad

de bayas por racimo a causa de la supresión de carbohidratos, por lo que la carga del racimo se regula mediante la disminución en el porcentaje de cuajado (Smart y Robinson 1992, Poni et al. 2006, Intrieri et al. 2008, Tardáguila et al. 2010).

Los componentes físicos de baya evaluados en dos momentos fenológicos mostraron diferencias entre tratamientos en cosecha (Cuadros 8, 9 y 10). La relación entre el peso de los componentes y el peso de baya muestra que el tratamiento DPF evidencia un mayor peso de hollejo, semillas y menor cantidad de semillas. Esto coincide con Poni et al. (2009), quienes mencionan que el deshojar antes de floración induce un aumento en la masa de la piel con relación al peso de baya. Sin embargo, Verdenal et al. (2019), obtuvieron hollejos más gruesos, mayor concentración de polifenoles y antocianos y menor peso de baya. En el análisis de componentes principales (Cuadro 11), se observa una alta correlación entre el peso de hollejo y semillas ($R= 0,93$). Además, se observa, que el peso de hollejo se correlaciona negativamente con la cantidad de semillas ($R= -0,98$), sugiriendo que, a mayor peso de hollejo, menor cantidad de semillas y, por otro lado, a mayor peso de semilla hay un efecto en el peso de pulpa, disminuyéndolo ($R= -0,91$).

5.3. EFECTO DE LOS DESHOJADOS EN LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LA BAYA

La concentración (g/L) y la cantidad de azúcares por baya (g-baya), los deshojados tienen un efecto directo en el contenido de azúcares durante la maduración, el DPF es el tratamiento que presenta mayor concentración hasta los 150 DDD y a partir de allí se igualan hasta cosecha. Este resultado indica que el DPF presenta una baya más grande y a su vez una mayor cantidad de azúcares por baya (Figuras 15 y 16), en coincidencia con Molitor et al. (2011), Botelho et al. (2013), Arrillaga et al. (2021), Cataldo et al. (2021). Estos autores mencionan que realizar deshojados de forma temprana, aumentan la tasa fotosintética de las hojas remanentes, compensando el área foliar removida, resultando en un ligero aumento en la concentración de azúcares.

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 evolución de la acidez titulable durante la fase de maduración

presenta diferencias entre los tratamientos a los 149 DDD, donde el tratamiento DE es el que presenta menor acidez en ese momento y en cosecha. Esta respuesta puede deberse a que, a mayor exposición de los racimos, producto de deshojado, aumenta la exposición 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), 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 Carrioso et al. (2005), Piccardo (2008), Arrillaga (2017), Arrillaga et al. (2021), los deshojados independientemente de la fecha con la que se realiza, no afecta el pH.

Las concentraciones de antocianos potenciales y extraíbles medidos en cosecha, no coinciden con lo reportado por González-Neves et al. (2006), Ferrer et al. (2011), para las condiciones Sur del país con promedios de 2.033 mg/L para antocianos totales y 1.413 mg/L para antocianos extraíbles. Estos valores están influenciados por factores climáticos y medidas de manejo por lo que su variabilidad difiere año a año. El efecto de los deshojados logra un aumento en la concentración de los compuestos polifenólicos, siendo estos superiores al testigo. Sin embargo, el tratamiento DC, en este estudio, es el que presenta mayor concentración de antocianos potenciales (mg/L). Esto puede deberse a que las condiciones hídricas en la etapa de maduración, con ausencia de restricciones en suelo (valores entre 0 y -0,2 MPa), no logra estimular la síntesis de antocianos, afectando los aspectos cualitativos de la uva, con menores concentraciones de polifenoles en cosecha (Ojeda et al. 2002, Ojeda 2007). Otros autores (Barbagallo et al. 2011, Ferrer et al. 2014, Melo et al. 2014) relacionan a los contenidos de antocianos con el tamaño de baya, donde bayas más pequeñas presentan mayor contenido de polifenoles; en este caso, el tratamiento DC presenta menor peso de baya, reflejando una respuesta positiva en el contenido de compuestos polifenólicos.

La riqueza fenólica (IPT) obtenida en cosecha en estas condiciones de estudio, son inferiores a los reportado por Ferrer et al. (2011). Esta variable no presenta diferencias entre tratamientos, lo que indica que no hubo un efecto de los deshojados, en contraposición a los que observa Piccardo (2008), que deshojar en cuajado aumenta el IPT para Tannat (Figura 24). Por otra parte, Mirás-Avó et al. (2019), indican que deshojar en cuajado disminuye el IPT en la variedad Tempranillo.

En este trabajo, los tratamientos presentan valores entre 60-68 porcentaje de extractibilidad, sin diferencias entre ellos, siendo estos valores característicos de la variedad Tannat (González-Neves et al. 2010, 2011). Sin embargo, el análisis de componentes principales, el %EA está relacionado al tratamiento DC, tratamiento que presenta alto contenido de antocianos potenciales, pero con baja extractibilidad, esto indica que las bayas presentan menor aptitud para la liberación de antocianos, lo que indica una menor degradación de las células del hollejos o madurez celular (Piccardo, 2008).

6. CONCLUSIONES

El deshojado como técnica de cultivo, logra modificar el microclima de la canopia, incidiendo sobre el peso de baya y sus componentes físicos, al mismo tiempo que modifica su composición química, en función del momento fenológicos en que se aplique.

Un año con clima de templado a cálido, con noches templadas y buena disponibilidad hídrica durante el ciclo, como el del estudio, se presenta favorable para el desarrollo de las plantas de vid. En estas condiciones, la técnica de deshojado logra incidir en el peso de baya en cosecha, con mayores valores en los tratamientos previos a floración (D16 y DPF), con un leve enlentecimiento del DC a los 14 días desde envero. El tratamiento DPF presenta mayor proporción de hollejo y semillas con relación al peso de la baya en cosecha.

La cantidad (g baya^{-1}) o la concentración (g L^{-1}) de azúcar de la uva evaluada en cosecha de los deshojados no se diferencian del testigo. Sin embargo, los tratamientos DC y DE, muestran un enlentecimiento de la acumulación de azúcares hasta 20 días después de iniciado el envero. La acidez titulable presenta mayor descenso en el tratamiento DE durante maduración y en cosecha, y el pH no muestra efectos de los tratamientos.

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, aun con menor peso de baya.

En el contexto de cambio climático, con temperaturas en aumento a lo largo de la maduración de la baya, acelerando el metabolismo de azúcares, estos resultados permiten inferir que la técnica de deshojado en cuajado (DC), mejora la relación entre los metabolitos primarios y secundarios.

Si bien en este trabajo no se evaluó el rendimiento y peso de poda, se debería contemplar los efectos de deshojar en función de los momentos fenológicos aplicados, sobre la capacidad de reposición de reservas almacenadas en el largo plazo. Así como también evaluarlo en años con condiciones climáticas restrictivas hídricamente.

7. RESUMEN

La gestión del viñedo en términos generales incluye diversas técnicas de cultivo que definen las características y la calidad de la uva como materia prima. El deshojado es una de ellas e implica modificaciones en la relación fuente-fosa. El trabajo fue realizado durante la temporada 2018-2019, en una parcela comercial al Sur de Uruguay (Canelones). El material vegetal fue la variedad Tannat (clon 398) sobre portainjerto SO4. El objetivo general del trabajo es, evaluar el efecto de eliminar hojas, mediante deshojados manuales realizados en distintos momentos fenológicos durante el ciclo de la vid, sobre la dinámica de crecimiento de la baya, los compuestos químicos primarios en maduración y secundarios en madurez tecnológica. Los tratamientos fueron: Testigo (T), Deshojado en estado fenológico 16 E-L (D16), Deshojado en prefloración (DPF), Deshojado en cuajado (DC) y Deshojado en envero (DE). El diseño estadístico fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones y la unidad experimental, siete plantas. Los deshojados fueron manuales a nivel de racimos, con una intensidad de 20 % para D16 y DPF y de 30 % para DC y DE, respecto a T. Las variables evaluadas fueron sobre muestreos de 100 bayas en fresco, desde envero a cosecha, realizándose análisis de rutina (azúcares, pH y acidez). En cosecha y sobre muestreos de 250 bayas congeladas, se determinaron los compuestos polifenólicos: riqueza fenólica (IPT), antocianos totales y extraíbles (ApH 1 y ApH 3,2). El contenido de azúcares y el pH no mostraron diferencias significativas ($p=0,40$; $p=0,22$ respectivamente) en cosecha. La acidez titulable mostró diferencias significativas en cosecha ($p=0,04$), donde el tratamiento DC fue superior y el DE inferior. El peso de baya mostró diferencias en cosecha ($p=0,09$), siendo el tratamiento D16 el que presentó mayor peso. Los valores de IPT no mostraron diferencias ($p=0,39$) en cosecha, mientras que los antocianos ApH1 y ApH 3,2 fueron significativamente diferentes ($p=0,0001$; $p=0,04$, respectivamente), siendo los tratamientos con deshojados superiores al T. Entre los cuales el DC fue significativamente superior al resto de los tratamientos. Los resultados obtenidos mostraron que el DC incrementó los compuestos secundarios y aumentó la acidez. El deshojado como técnica de cultivo, modifica el microclima de la canopia, incidiendo sobre el peso de baya y sus componentes físicos, al mismo tiempo que modifica su composición química, en función de los momentos fenológicos aplicados. En el contexto de cambio climático, con temperaturas en aumento a lo largo de la maduración de la baya, aceleran el metabolismo de azúcares, los resultados de este ensayo permiten inferir que la técnica de deshojado en cuajado (DC), es eficaz para mejorar la relación entre los metabolitos primarios y secundarios.

Palabras clave: Momentos de deshojado; *Vitis vinifera*; Tannat.

8. SUMMARY

Vineyard management in general terms includes various cultivation techniques that define the characteristics and quality of the grape as a raw material. De-leafing is one of them and involves modifications in the source-pit relationship. The work was carried out during the 2018-2019 season, in a commercial plot in southern Uruguay (Canelones). The plant material was the Tannat variety (clone 398) on SO4 rootstock. The general objective of the study was to evaluate the effect of removing leaves by manual leaf removal at different phenological moments during the vine cycle on berry growth dynamics, primary chemical compounds at ripening and secondary chemical compounds at technological maturity. The treatments were: control (T), defoliation at phenological stage 16 E-L (D16), defoliation at pre-flowering (DPF), defoliation at fruit set (DC) and defoliation at veraison (DE). The statistical design was a randomised complete block with three replications and the experimental unit was seven plants. Leaf removal was manual at bunch level, with an intensity of 20 % for D16 and DPF and 30 % for DC and DE, with respect to T. The variables evaluated were on samples of 100 fresh berries, from veraison to harvest, and routine analyses were carried out (sugars, pH and acidity). At harvest and on samples of 250 frozen berries, polyphenolic compounds were determined: phenolic richness (IPT), total and extractable anthocyanins (ApH 1 and ApH 3,2). Sugar content and pH showed no significant differences ($p=0.40$; $p=0.22$ respectively) at harvest. Titratable acidity showed significant differences at harvest ($p=0.04$), where the DC treatment was higher and DE lower. Berry weight showed differences at harvest ($p=0.09$), with the D16 treatment showing the highest weight. IPT values showed no differences ($p=0.39$) at harvest, while ApH1 and ApH 3.2 anthocyanins were significantly different ($p=0.0001$; $p=0.04$, respectively), being the treatments with defoliation superior to T. Among these, DC was significantly superior to the rest of the treatments. The results obtained showed that CD increased secondary compounds and increased acidity. Leaf removal as a cultivation technique modifies the microclimate of the canopy, affecting berry weight and its physical components, while at the same time modifying its chemical composition, depending on the phenological moments applied. In the context of climate change, with rising temperatures throughout berry ripening accelerating sugar metabolism, the results of this trial suggest that the fruit set defoliation (CD) technique is effective in improving the ratio between primary and secondary metabolites.

Keywords: Moments of leaf removal; *Vitis vinifera*; Tannat.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acimovic, D.; Tozzini, L.; Green, A.; Sivilotti, P.; Sabbatini, P. 2016. Identification of a defoliation severity threshold for changing fruitset bunch morphology and fruit composition in Pinot Noir. Australian Journal of Grape and Wine Research. 22:399-408.
2. Afonso de Macedo, T.; Marcon, J. L.; Fontanella, A.; Cury, L.; Rufato, L.; Anneliese, A. 2015. Manejo do dosel vegetativo e qualidade fisicoquímica dos cachos de “Sangiovese” e “Tempranillo” em região microclimática de altitude. Revista de Ciencias Agroveterinárias. 14(2):146-152.
3. 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. Tesis de Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 135 p.
4. _____; Echeverría, G.; Izquierdo, B.; Rey, J. J.; Pallante, A.; Ferrer, M. 2021. Response of Tannat (*Vitis vinifera* L.) to preflowering leaf removal in a humid climate. OENO One International Viticulture and Enology Society-IVES. 2:251-266.
5. Bakhsh, A.; Akhtar, A.; Hussain, F.; Ahmed, S. 2021. impact of fruit zone leaf removal on fruit quality and yield of king's ruby grapes (*Vitis vinifera* L.). Sarhad Journal of Agriculture. 37(3):774-781.
7. Barbagallo, M.; Guidoni, S.; Hunter, J. J. 2011. Berry size and qualitative characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. South African Journal of Enology and Viticulture. 32(1):129-136.
8. Battista, F.; Tomasi, D.; Porro, D.; Carcci, F.; Giacosa, S.; Rolle, L. 2015. Wine grapeberry skin thickness determination comparison between histological observation and texture analysis determination. Italian Journal of Food Science. 27:136-141.
9. Bernizzoni, F.; Civardi, S.; van Zeller, M.; Gatti, M.; Poni, S. 2011. Shoot thinning effect on seasonal whole canopy photosynthesis and vine performance in *Vitis vinifera* L. cv. Barbera. Australian Journal Grape Wine Research. 17:351-357.

10. Bobeica, N.; Poni, S.; Hilbert, G.; Renaud, C.; Gomes, E.; Deirrot, 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(382):1-14.
11. Bonfanti, D. 2016. Buscando la uva para el vino uruguayo (2): la experiencia del vasco Pascual Harriague. *In*: Berreta Curi, A. ed. *Historia de la viña y el vino de Uruguay*. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República. Unidad de Comunicación. v. 3, pp. 45-62.
12. Bothelo, M.; Cruz, A.; de Castro, R. 2013. Canopy density on the vine variety “alfrocheiro” (*Vitis vinifera* L.). Effects on canopy structure, microclimate, vigour, and vegetative growth. *Ciencia e Técnica Vitivinícola*. 27(2):103-114.
13. Buttrose, M. S. 1970. Fruitfulness in grape vines: the response of different cultivars to light, temperature and daylength. *Vitis*. 9:121-125.
14. Cadot, Y.; Miñana-Castelló, M.; Chevalier, M. 2006. Anatomical, histological, and histochemical changes in grape seeds from *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Franc during fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(24):9206-9215.
15. Cagnasso, E.; Rolle, L.; Caudana, A.; Gerbi, V. 2008. Relationship between grape phenolic maturity and red wine phenolic composition. *Italian Journal of Food Science*. 3(20):365-380.
16. Calvo, R. 2008. La vitivinicultura uruguaya luego de 100 años de existencia. (en línea). *Anuario OPYPA 2008*:363-372. Consultado ago. 2020. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2008>
17. Carbonneau, A. 2003. Qulite potentielle du raisin: modèle pratique d’évaluation. *In*: Congreso GESCO (13º., 2003, Montevideo). Actas. Montevideo, s.e. pp. 46-48.

18. _____.; Torregrosa, L. 2020. *Traité de la Vigne: physiologie, terroir, culture*. 3^{ème}. ed. Malakoff, Dunod. 712 p.
19. Carrioso, B.; Grenni, R.; Peluffo, 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. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.
20. Cataldo, E.; Salvi, L.; Paoli, F.; Fucile, M.; Battista, G. 2021. Effects on defoliation and fruit set on vine physiology and berry composition in Cabernet Sauvignon grapevines. (en línea). *Plants*. 10(1183):1-14. Consultado nov. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3390/plants10061183>
21. Chervin, C.; El-Kereamy, A.; Roustan, J. P.; Latché, A.; Lamon, J.; Bouzayen, M. 2004. Ethylene seems required for the berry development on ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Science*. 167:1301-1305.
22. Conde, C.; Silva, P.; Fontes, N.; Dias, A. C. P.; Tavares, R. M.; Sousa M. J.; Agasse, A.; Delrot, S.; Gerós, H. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Global Science Book*. 1(1):1-22.
23. Coombe, B. G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture*. 43(1):101-110.
24. _____. 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grapes and Wine Research*. 1(2):104-110.
25. _____.; McCarthy, M. G. 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 6:131-135.

26. De cara, J. 2010. Características agroclimáticas de la vid. (en línea). Madrid, AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). 3 p. Consultado jul. 2021. Disponible en <https://www.divulgameteo.es/ampliab/4/416/Caracteristicas-agroclimaticas-de-la-vid.htm>
27. Deloire, A.; Carbonneau, A.; Wang, Z.; Ojeda, H. 2004. Vine and water a short review. Journal International des Science de la Vigne et du Vin. 38(1):1-13.
28. _____. 2010. Grapevine berry morphology and composition: a review. Technical yearbook. (en línea). Wineland Magazine. 1:104-119. Consultado ago. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/259649317_Grapevine_berry_morphology_and_composition_A_review
29. Designa, E.; Coniberti, A.; Dellacassa, E. 2005. Medición de área foliar de la vid: una herramienta para producir vinos de calidad. Revista INIA. no. 4:18-20.
30. Dokoozlian, N. K. 2000. Grape berry growth and development. (en línea). In: Christensen, L. P. ed. Raisin production manual. Oakland, CA, University of California. Agricultural and Natural Resources. cap. 5, pp. 30-37. Consultado ago. 2020. Disponible en <https://iv.ucdavis.edu/files/24467.pdf>
31. 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.
32. 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 Magister en Biotecnología. Santiago, Chile. Universidad Andrés Bello. 110 p.
33. Ferrer, M.; Pedocchi, R.; Michelazzo, M.; González-Neves, G.; Carbonneau, A. 2007a. Delimitación y descripción de regiones vitícolas del Uruguay en base al método de clasificación climática multicriterio utilizando índices bioclimáticos adaptados a las condiciones del cultivo. Agrociencia (Uruguay). 11(1):47-56.

34. _____. 2007b. Etude du climat des régions viticoles de l'Uruguay des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysiologie des systèmes de conduite espalier et lyre sur Merlot. Thèse Doctorat. Montpellier, France. Université de Montpellier II. Ecole Nationale Supérieure Agronomique. 357 p.
35. _____.; González-Neves, G.; Echeverría, G.; Camussi, G.; Avondet, R.; Salaverry, J.; Favré, G.; Fourment, M. 2011. Comportamiento agronómico y potencial enológico de la uva Tannat en tres regiones climáticas uruguayas. *Agrociencia (Uruguay)*. 15(1):37-49.
36. _____.; Echeverría, G.; Carbonneau, A. 2013. 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.
37. _____.; _____.; González-Neves, G. 2014. Influence of the microclimate defined by the training system on the vineyard behaviour and the enological quality of Merlot grapes. *International Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 2(4):95-108.
38. Ferraro Olmos, R. 1983. *Viticultura moderna*. Montevideo, Hemisferio Sur. 893 p.
39. Fourment, M.; Ferrer, M.; Hérve, Q. 2013. *Vitis vinifera* L. cv. Tannat: respuesta a la variabilidad climática. *Agrociencia (Uruguay)*. 17(2):45-54.
40. _____.; Bonnardot, V.; Quénot, H.; Ferrer, M. 2018. Rainfall temporal variability and its impact on the enological quality of Tannat grapes in southern Uruguay. In: *World Congress of Vine and Wine (41st, 2018, Punta del Este)*. *Proyectando el futuro: desafíos de la producción y el mercado*. Punta del Este, s.e. pp. 74-75.
41. Fuentes, L.; Figueroa, C.; Valdenegro, M. 2019. Recent Advances in Hormonal Regulation and Croos Talk during Non-climacteric Fruit Development and Ripening: review. *MDPI Horticulturae*. 5:1-28.

42. Galet, P. 2000. General Viticulture. 6^{ème}.ed. Chaintre, France, Oenoplumerida. 443 p.
43. Gómez, R. 2015. Caracterización de vinos de fondillón de la D.O Alicante. Tesis de Maestría. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. 20 p.
44. 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.
45. _____.; 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
46. _____.; Ferrer, M. 2008. Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot. *Agrociencia (Uruguay)*. 12(2):10-18
47. _____.; _____.; Gil, G.; Charamelo, D.; Balado, J.; Barreiro L.; Bochicchio, R.; Gatto, G.; Tessore, A. 2010. Estudio plurianual del potencial polifenólico de uvas Tannat. *Agrociencia (Uruguay)*. 14(2):10-21.
48. _____.; Gil, G.; Favré, G.; Ferrer, M. 2011. Potencial polifénolico de la uva: índices propuestos y posibles aplicaciones. *Comunicata Scientiae*. 2(2):57-69.
49. _____.; Ferrer, M.; Gil, G. 2012. Differentiation of Tannat, Cabernet Sauvignon and Merlot grapes from Uruguay according to their general composition and polyphenolic potential. *Comunicata Scientiae*. 3(1):41-49.
50. Gray, J.; Coombe, B. G. 2009. Variation in Shiraz berry size originates before fruit set, but harvest is a point of resynchronization for berry development after flowering. *Australian Journal Grape Wine Research*. 15:156-165.

51. 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. *Journal International des Science de la Vigne et du Vin*. 42(1):49-58.
52. Huglin, P. 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Comptes Rendues de l'Académie d'Agriculture*. 64:1117-1126.
53. _____; Schneider, C. 1998. *Biologie et écologie de la vigne*. 2^{ème}. ed. Paris, France, Lavoisier. 370 p
54. Hunter, J. J.; Archer, E. 2002. Status of grapevines canopy management and prospects. (en línea). *ACE Revista de Enología*. 21:1-14. Consultado may. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/262946840_Status_of_grapevine_canopy_management_and_future_prospects_Papel_actu_al_y_perspectivas_futuras_de_la_gestion_del_follaje
55. _____; Bonnardot, V. 2011. Suitability of some climatic parameters for grapevines cultivation in south África, with focus on key physiological processes. *South African Journal Enology and Viticulture*. 32(1):137-154.
56. INAVI (Instituto Nacional de Vitivinicultura, UY). 2021. Estadísticas de viñedos 2019: datos nacionales. (en línea). Canelones, Uruguay. 72 p. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://www.inavi.com.uy/estadisticas/>
57. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistema de información, UY). 2020. Registros climáticos de la estación INIA Las Brujas. (en línea). Montevideo. Uruguay. s.p. Consultado jul. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras>
58. Intieri, 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.

59. Intrigliolo, D.; Llacer, E.; Revert, J.; Esteve, M.; Climent, M.; Palau, D.; Gómez, I. 2014. Early defoliation reduces cluster compactness and improves grape composition in Mandó, an autochthonous cultivar of *Vitis vinifera* from southeastern Spain. *Scientia Horticulturae*. 167:71-75.
60. Jones, G.; Davis, R. 2000. climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*. 51(3):249-261.
61. _____.; Duff, A.; Hall, A.; Myers, J. 2010. Spatial Analysis of Climate in Winegrape Growing Regions in the Western United States. *American Journal of Enology and Viticulture*. 61:313-326.
62. 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.
63. _____. 2015. Developmental Physiology. (en línea). In: The science of grapevines. 2nd. ed. Cambridge, Massachusetts, Academic Press. cap. 6, pp. 169-225. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://www.elsevier.com/books/the-science-of-grapevines/keller/978-0-12-419987-3>
64. _____. 2020. Phenology and growth cycle. (en línea). In: The science of grapevines. 3rd. ed. London, UK, Academic Press. cap. 2, pp. 61-104. Consultado oct. 2021. Disponible en https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=g_zLDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=the+science+of+grapevines:+anatomy+and+physiology&ots=yF-ZoolIt&sig=yRzTwNLmcORlpRYugs3LPZPUvpE#v=onepage&q=the%20science%20of%20grapevines%3A%20anatomy%20and%20physiology&f=false
65. Kennedy, J. 2002. Understanding Grape Berry Development. *Practical Winery & Vineyard*. 4:1-5.

66. Kliewer, W. 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.
70. Kuhn, N.; Guan, L.; Wu Dai, Z.; Wu, B. H.; Lauvergeat, V.; Gomés, E.; Li, S. H.; Godoy, F.; Arce-Johnson, P.; Delrot, S. 2013. berry ripening recently heard through the grapevine. Journal of Experimental Botany. 65(16):4543-4559.
71. Laget, F.; Tondut, J. L.; Deloire, A.; Kelly, M. T. 2008. Climate trends in a spent mediterranean vitivinicultural area between 1950 and 2006. Journal International des Science de la Vigne et du Vin. 42(3):113-123.
72. Matthews, M. A.; Nuzzo, V. 2007. Berry size and yield paradigms on grape and wine quality. In: International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research (2007, Venosa). Proceedings. Acta Horticulturae. no. 754:423-436.
73. May, P. 2004. Flowering and Fruiset in Grapevines. Adelaide, Australia, Lythrum. 119 p.
74. Melo, M.; Schultz, H.; Volschenk, C.; Hunter, J. 2014. Berry size variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. morphological dimensions, berry composition and winequality. South African Journal Enology and Viticulture. 36(1):1-10.
75. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). 23ª. ed. Montevideo. 270 p. Consultado jun. 2021. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/anuario-estadistico-agropecuario-2020>
76. Mirás-Avalos, J. M.; Buesa, I.; Yeves, A.; Pérez, D.; Risco, D.; Castel, J. R.; Intrigliolo, D. S. 2019. Unravelling the effects of berry size on 'Tempranillo' grapes under different field practices. (en línea). Ciência y Técnica Vitivinícola. 34(1):1-14. Consultado nov. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/331708997_Unravelling_the_effects_of_berry_size_on_'Tempranillo'_grapes_under_different_field_practices

77. Molitor, D.; Behr, M.; Fischer, S.; Hoffman, L.; Evers, D. 2011. Timing of cluster zone leaf removal and its impact on canopy morphology, cluster structure and bunch rot susceptibility of grapes. (en línea). OENO One International Viticulture and Enology Society. 45 (3):149-159. Consultado nov. 2021. Disponible en <https://oeno-one.eu/article/view/1495>
78. Montgomery, D. C. 2011. Diseño y análisis de experimentos. 2ª. ed. México, Limusa. 700 p.
79. Mori, K.; Goto-Yamamoto, N.; Kitayama, M.; Hashisume, K. 2007. Loss of anthocyanins in red wine grape under high temperature. Journal of Experimental Botany. 58(8):1935-1945.
80. Muganu, M.; Bellincontro, A.; Barnaba, F.; Paolocci, M.; Bignami, C.; Gambellini, G.; Mencarelli, F. 2011. Influence of bunch position in the canopy on berry epicuticular wax during ripening and on weight loss during postharvest dehydration. American Journal of Enology and Viticulture. 62:91-98.
81. Muñoz, R.; Pérez, J.; Pszczolkowskt, Ph.; Bordeu, E. 2002. Influencia del nivel decarga y microclima sobre la composición y calidad de bayas, mosto y vino de Cabernet Sauvignon. Ciencia e Investigación Agraria. 29(2):115-125.
82. Ojeda, H.; Deloire, A.; Carbonneau, A. 2001. Influence of water deficits on grape berry growth. Vitis-Geilweilerhof. 40(3):141-145.
83. _____.; 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.
84. _____. 2007. Riego cualitativo de precisión en la vid. In: Enoforum 2007 (7º., 2007, Piacenza). Síntesis de las relaciones presentadas. Revista Internet de Viticultura y Enología. 5:1-10.

85. _____; 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*. no. 90:27-43.
86. Ollat, N.; Gaudillere, J. P. 1998. The effect of limiting leaf area during stage I of berry growth on development and composition of berries of *Vitis Vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*. 49(3):251- 258.
87. 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.
88. Pastore, C.; Zenoni, S.; Tornielli, G. B.; Allegro, G.; Dal Santo, S.; Valentini, G. 2011. Increasing the source sink ratio in *Vitis vinifera* (cv. Sangiovese) induces extensive transcriptome reprogramming and modifies berry ripening. (en línea). *BMC Genomics*. 12(631):1-23. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://bmcbgenomics.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2164-12-631.pdf>
89. _____; _____; Fasoli, M.; Pezzotti, M.; Tornielli, G.; Filippetti, I. 2013. Selective defoliation affects plant growth, fruit transcriptional ripening program and flavonoid metabolism in grapevine. *BMC Plant Biology*. 13(30):1-16.
90. Peña Neira, A. s.f. Cambios composicionales de la baya durante el proceso de maduración y su importancia en la calidad de la uva y el vino. (en línea). Santiago de Chile, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas Santiago. Departamento de Agroindustria y Enología. Grupo de investigación enología (GIE). 6 p. Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.gie.uchile.cl/pdf/Alvaro%20Pe%F1a/Fisiologia%20de%20la%20baya%20durante%20la%20maduraci%F3n.pdf>
91. Petrie, P.; Sadras, V. 2008. Advancement of grapevine maturity in Australia between 1993 and 2006: putative causes, magnitude of trends and viticultural consequences. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 14:33-45.

92. 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. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 120 p.
93. Pieri, P.; Fermaud, M.; Mimiague, F. 2001. Analyse du microclimat des grappes effects de la compacité et de l'éfeuillage. In: International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research (12th., 2001, Montevideo). Proceedings. Acta Horticulturae. no.12:71-76.
94. Poni, S.; Casalini, L.; Bernizioni, F.; Civardi, S.; Intieri, C. 2006. Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. American Journal of Enology and Viticulture. 57(4):397-407.
95. _____.; Bernizzoni, F.; Civardi, S. 2009. The effect of early leaf removal on whole canopy gas exchange and vine performance of *Vitis vinifera* L. Sangiovese. Vitis-Geilweilerhof. 47(1):1-6.
96. Porro, D.; Ramponi, M.; Tomasi, T.; Rolle, L.; Poni S. 2008. Nutritional implications of water stress in grapevine and modifications of mechanical properties of berries. In: International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (6th., 2008, Portugal). Proceedings. Acta Horticulturae. no. 868:73-80.
97. Roby, G.; Matthews, M. 2004. Relative proportions of seed, skin, and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. Australian Journal Grape and Wine Research. 10:74-82.
98. Sabattini, P.; Howell, G. S. 2010. Effects of early defoliation on yield, fruit composition, and harvest season cluster rot complex of grapevines. HortScience. 51(1):89-103.
99. Salvarrey, M. 2016. Relación fuente-fosa en *Vitis vinifera* L. cv Tannat, en respuesta a dos técnicas de cultivo. Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 105 p.

100. Sánchez-Díaz, M.; Aguirreolea, J. 2008. Absorción de agua por la raíz y transporte por el xilema. Balance hídrico de la planta. In: Azcón-Bieto, J.; Talón, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª. ed. Madrid, McGraw-Hill Interamericana. pp. 57-79.
101. Scholander, P. F.; Hammel, H. T.; Bradstreet, E. D.; Hemmingsen, E. A. 1965. Sappressure in vascular plants. Science. 148(3668):339-346.
102. Smart, R.; Robinson, M. 1992. Sunlight into wine a handbook for winegrape canopy management. Adelaide, Winetitle. 88 p.
103. 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.
104. Tardáguila, J.; Diago, M. P.; Martínez de Toda, F.; Poni, S.; Vilanova, M. 2008. Effects of timing of leaf removal on yield, berry maturity, wine composition and sensory properties of cv. Grenache grown under non irrigated conditions. Journal International des Science de la Vigne et du Vin. 42(4):221-229.
105. _____.; 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.
106. Tiscornia, G.; Cal, A.; Giménez, A. 2016. Análisis y caracterización de la variabilidad climática en algunas regiones de Uruguay. (en línea). Revista de Investigaciones Agropecuarias. 41(1):66-71. Consultado dic. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5852/1/Tiscornia-G.-2015.-RIA.pdf>
107. Tonietto, J. 1998. Facteurs mésoclimatiques de la typicité du raisin de table de l'AOC Muscat du Ventoux dans le Département de Vaucluse. Le Progres Agricole et Viticole (France). 115(12):12-22.

108. _____.; Carbonneau, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*. 124(1):81-97.
109. Uruguay XXI. 2020. Un productor de vinos de clase mundial. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado jul. 2020. Disponible en <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/noticias/articulo/un-productor-de-vinos-de-clase-mundial/>
110. Valdivieso, F. 2005. Técnicas del manejo del follaje en la viticultura chilena. (en línea). VinideaNet. *Revista Internet de Viticultura y Enología*. no. 6/2:s.p. Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.infowine.com>.
111. Van Leeuwen, C.; Destrac-Irvine, A.; de Resseguier, L.; Garcia de Cortazar-Atau-ri, I.; Duchêne, E. 2019. Phänologie: Die innere Uhr des Weins verfolgen. (en línea). IVES (Technical Reviews vine and wine). Oct:s.p. Consultado nov. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2019.2587>
112. Vasconcelos, M. C.; Geven, M.; Winefield, C. S.; Trought, M. C.; Raw, V. 2009. The flowering process of *Vitis vinifera*: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60(4):411-434.
113. Verdenal, T.; Zufferey, V.; Spring, J. L.; Viret, O. 2013. Conséquences physiologiques de l'effeuillage de la vigne- Revue de littérature. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*. 45(3):148-155.
114. _____.; _____.; Dienes-Nagy, A.; Bourdin, G.; Gindro, K.; Viret, O.; Spring, J. L. 2019. Timing and intensity of grapevine defoliation: an extensive overview on five cultivars in Switzerland. *Research Note. American Journal of Enology and Viticulture*. 70 (4):427-434.
115. Villarreal, P.; Romagnoli, S.; Llorete, A. 2007. Tecnología de plantación. (en línea). In: *Pautas tecnológicas: vid para vinificar, manejo y análisis económico financiero*. Buenos Aires, INTA. pp. 54-56. Consultado may. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pautas-tecnologicas-vid-para-vinificar.pdf