

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA AGRONÓMICA Y ENOLÓGICA DE LA VARIEDAD ALBARIÑO  
(*VITIS VINIFERA* L.) EN DISTINTAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS**

**por**

**Analía Verónica HERNÁNDEZ CARBALLIDO**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2025**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia  
"Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial**".



Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

---

Ing. Agr. (Dra.) Mercedes Fourment

Co-director:

---

Ing. Agr. (Dr.) Diego Piccardo

Tribunal:

---

Ing. Agr. (Dra.) Mercedes Fourment

---

Ing. Agr. (Dr.) Guzman Favre

---

Ing. Agr. (Mag.) Ramiro Tachini

Fecha: 29 de agosto de 2025

Autor:

---

Analfía Verónica Hernández Carballido

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, Alicia, Andrés, Roberto y Marcos.

A los amigos de siempre y los que encontré en este camino.

A todos los que de una forma u otra acompañaron y contribuyeron a mi formación.

## TABLA DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
LISTAS DE TABLAS Y FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Aspectos Generales de la Vitivinicultura en Uruguay .....	12
2.1.1. Región Vitivinícola Este.....	14
2.2. Impacto del Clima en la Viticultura.....	15
2.2.1. Escalas de Estudio del Clima .....	15
2.2.2. Componentes del Clima .....	16
2.2.3. Antecedentes del Estudio del Meso-clima en Viñedos.....	20
2.3. Variedad Albariño .....	21
2.3.1. Importancia de la Variedad en Uruguay .....	21
2.3.2. Aspectos Agronómicos.....	21
2.3.3. Aspectos Enológicos .....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1. Región de Estudio.....	24
3.2. Descripción del Viñedo Bajo Estudio .....	24
3.3. Estrategia de Investigación.....	25
3.3.1. Diseño experimental.....	25
3.4. Análisis Macro y Mesoclimáticos .....	25
3.4.1. Análisis Macroclimático .....	25
3.4.2. Análisis Mesoclimático mediante índices bioclimáticos.....	25
3.5. Variables para la Evaluación del Comportamiento Agronómico de Albariño ..	27
3.5.1. Componentes de Rendimiento .....	27
3.5.1.1. Fertilidad de Yemas.....	27
3.5.1.2. Número de Racimos por Planta y Rendimiento.....	27
3.5.1.3. Racimos con Podredumbre .....	27
3.5.1.4. Composición Física de la Baya .....	27
3.5.2. Crecimiento Vegetativo .....	27
3.5.2.1. Superficie Foliar.....	27
3.5.2.2. Equilibrio de la Planta .....	28

3.6. Variables para la Evaluación del Potencial Enológico .....	28
3.6.1. Composición Primaria de la Uva .....	28
3.6.2. Composición Secundaria de la Uva .....	28
3.6.3. Microvinificación .....	28
3.6.4. Análisis del Vino .....	29
3.7. Análisis Estadístico .....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1. Caracterización Climática .....	30
4.1.1. Caracterización Macroclimática de la Zona Este .....	30
4.1.2. Caracterización Meso Climática de las Parcelas .....	32
4.2. Comportamiento Agronómico .....	36
4.2.1. Desarrollo Vegetativo y Equilibrio de la Planta.....	36
4.2.2. Componentes del Rendimiento .....	38
4.2.3. Rendimiento .....	39
4.2.4. Composición Física de la Baya .....	41
4.3. Variables Enológicas.....	43
4.3.1. Composición Primaria de la Uva .....	43
4.3.2. Composición Secundaria de la Uva .....	49
4.3.3. Composición del Mosto y Microvinificación .....	50
4.3.4. Fermentación .....	50
4.3.5. Análisis del Vino .....	51
5. CONCLUSIONES.....	53
6. BIBLIOGRAFÍA .....	54

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Figura 1</b>	Zonificación en base a índices bioclimáticos .....	13
<b>Figura 2</b>	Mapa de la región vitícola atlántica .....	14
<b>Figura 3</b>	Racimo de Albariño en Enero .....	22
<b>Figura 4</b>	Vista satelital del viñedo bajo estudio .....	24
<b>Figura 5</b>	Sensor de temperatura Tiny Tag .....	26
<b>Figura 6</b>	Proceso de fermentación durante la microvinificación .....	29
<b>Figura 7</b>	Acumulación mensual heliotérmica para el ciclo 2023-2024 y el promedio histórico .....	30
<b>Figura 8</b>	Evolución de la temperatura media diaria para el ciclo 2023-2024 .....	31
<b>Figura 9</b>	Registro de precipitaciones durante el ciclo 2023-2024 .....	32
<b>Figura 10</b>	Evolución de las temperaturas máximas y mínimas para cada parcela durante el ciclo 2023-2024 .....	33
<b>Figura 11</b>	Evolución de las temperaturas medias para cada parcela durante el ciclo 2023-2024 .....	34
<b>Figura 12</b>	Acumulación de Grados día para cada parcela durante el ciclo 2023-2024 .....	35
<b>Figura 13</b>	Canopia con porosidad media y racimos ligeramente expuestos .....	37
<b>Figura 14</b>	Planta con alto vigor vegetativo y bajo porcentaje de porosidad de la canopia .....	38
<b>Figura 15</b>	Número de racimos según posición del brote .....	39
<b>Figura 16</b>	Relación entre el número de racimos por planta y el rendimiento .....	41
<b>Figura 17</b>	Relación entre el peso de racimo y el rendimiento .....	41
<b>Figura 18</b>	Evolución del peso de baya durante la maduración .....	42
<b>Figura 19</b>	Evolución del peso de hollejos durante la maduración .....	43
<b>Figura 20</b>	Evolución del contenido de azúcar durante la maduración .....	44
<b>Figura 21</b>	Evolución del contenido de ácido málico durante la maduración .....	45
<b>Figura 22</b>	Evolución del contenido de ácido tartárico durante la maduración .....	45
<b>Figura 23</b>	Contenidos de azúcar para cada parcela al momento de cosecha .....	47
<b>Figura 24</b>	Acidez total para cada parcela al momento de cosecha .....	48
<b>Figura 25</b>	Contenido de ácido málico al momento de cosecha para cada parcela ....	48
<b>Figura 26</b>	Relación entre el contenido de ácido málico y la concentración de azúcar al momento de cosecha .....	49
<b>Figura 27</b>	Evolución de la densidad de los mostos durante la fermentación .....	51

<b>Tabla 1</b> Descripción de las parcelas bajo estudio .....	25
<b>Tabla 2</b> Grados día acumulados por etapa fenológica.....	31
<b>Tabla 3</b> Promedio de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y amplitud térmica .....	33
<b>Tabla 4</b> Índices bioclimáticos para cada parcela.....	35
<b>Tabla 5</b> Porosidad, Superficie foliar expuesta potencial, peso de poda por planta e Índice de Ravaz .....	36
<b>Tabla 6</b> Promedio de número de brotes y racimos por brote de cada parcela .....	39
<b>Tabla 7</b> Promedio de rendimiento, racimos por planta y peso promedio de racimo .....	40
<b>Tabla 8</b> Peso de bayas y sus componentes. Semillas por baya, relación hollejo/pulpa y hollejo/baya.....	43
<b>Tabla 9</b> Alpha Amino Nitrógeno, Ammonia, ácido málico, ácido tartárico, acidez Total, pH y azúcar.....	46
<b>Tabla 10</b> Índice de polifenoles totales promedio para cada parcela al momento de cosecha .....	50
<b>Tabla 11</b> Acidez total, pH, ácido málico, ácido glucónico, ácido tartárico y azúcar previo a la fermentación .....	50
<b>Tabla 12</b> Acidez total, pH, ácido málico, etanol, acidez volátil, intensidad colorante e Índice de Polifenoles Totales .....	51

## RESUMEN

La variedad Albariño (*Vitis vinifera* L.) aumentó en un 224% su superficie en el país entre 2019 y 2024, posicionándose como la segunda variedad más plantada con destino a la elaboración de vinos de calidad preferencial. Conocer las características generales de la variedad y su respuesta a las condiciones ambientales es útil para la implementación de un manejo sitio-específico y la diferenciación de productos. El objetivo principal de este trabajo es la contribución a la caracterización agronómica y enológica de Albariño en relación al mesoclima. En las hipótesis planteadas se presentan las condiciones topográficas de la región de estudio como un factor influyente en la temperatura de las parcelas (mesoclima), y la incidencia de las singularidades geográficas de las parcelas (de altitud y pendiente) en el potencial agronómico y enológico de la variedad a través del mesoclima. El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2023-2024 en un viñedo comercial cercano a Pueblo Garzón, en el departamento de Maldonado. Para este trabajo se seleccionaron 6 parcelas en distintas condiciones topográficas, (79, 89, 95, 120, 138 y 142 msnm) que fueron caracterizadas mesoclimáticamente mediante el registro de la temperatura, la amplitud térmica, Índice Heliotérmico, Grados día e Índice de Frescor Nocturno. Para la evaluación agronómica se midió el rendimiento, el peso de racimo, el número de racimos por planta, la superficie foliar expuesta potencial, el peso de poda, el Índice de Ravaz y la composición física de la baya. El potencial enológico se determinó mediante el análisis de acidez total, sólidos solubles, pH, ácido málico, ácido tartárico, y Alpha amino nitrógeno ( $\alpha$ AN) y amoníaco y potencial fenólico. Los mostos de las tres parcelas más baja y las tres más altas se vinificaron en conjunto y se evaluó el contenido de ácido málico, etanol, acidez total, pH, índice de polifenoles totales (IPT), la intensidad colorante (420 nm) y acidez volátil. Los resultados muestran que altitud de las parcelas condiciona el mesoclima de las mismas, fundamentalmente en relación a las temperaturas mínimas, provocando diferencias de amplitud térmica de hasta 2,3 °C. La sensibilidad de la variedad Albariño a la variabilidad mesoclimática se vio reflejada principalmente en los caracteres enológicos, la amplitud térmica favoreció la acumulación de azúcares, alcanzando diferencias promedio de hasta 10 g/L y disminuyó el contenido final de ácido málico, con diferencias de hasta 2 g/L entre parcelas. El promedio de acidez total de las parcelas más frescas fue ligeramente superior al promedio de las tres parcelas con temperaturas máximas elevadas. Las diferencias en variables agronómicas como el rendimiento y la superficie foliar no fueron relacionadas a la variabilidad mesoclimática. El análisis del vino no mostró diferencias significativas para ninguna de las variables a excepción del Índice de Polifenoles Totales, cuyo resultado fue de 5,5 en el vino de parcelas con alta amplitud térmica, en tanto el proveniente de las parcelas con temperaturas moderadas obtuvo un IPT de 5,2.

*Palabras clave:* Albariño (*Vitis vinifera* L.), vid, mesoclima, topografía

## ABSTRACT

The Albariño variety (*Vitis vinifera* L.) increased its surface area in the country by 224% between 2019 and 2024, positioning itself as the second most planted variety for the production of preferential quality wines. Understanding the general characteristics of the variety and its response to environmental conditions is useful for implementing site-specific management and product differentiation. The main objective of this work is to contribute to the agronomic and oenological characterization of Albariño in relation to the mesoclimate. The hypotheses presented are the topographic conditions of the study region as an influential factor in plot temperature (mesoclimate), and the impact of the geographical peculiarities of the plots (altitude and slope) on the agronomic and oenological potential of the variety through the mesoclimate. The study was carried out during the 2023-2024 season in a commercial vineyard near to Pueblo Garzón, in the department of Maldonado. For this work, six plots were selected under different topographic conditions (79, 89, 95, 120, 138, and 142 meters above sea level) and characterized mesoclimatically by recording temperature, thermal amplitude, Heliothermal Index, Degree Days, and Night Coolness Index. For the agronomic evaluation, yield, bunch weight, number of bunches per plant, potential exposed leaf area, pruning weight, Ravaz Index, and berry physical composition were measured. Oenological potential was determined by analyzing total acidity, soluble solids, pH, malic acid, tartaric acid, and alpha amino nitrogen ( $\alpha$ AN), and ammonia and phenolic potential. Musts from the three lowest and three highest plots were vinified together, and their malic acid, ethanol, total acidity, pH, total polyphenol index (TPI), color intensity (420 nm), and volatile acidity content were evaluated. The results show that the altitude of the plots determines their mesoclimate, primarily in relation to minimum temperatures, causing temperature variations of up to 2.3°C. The sensitivity of the Albariño variety to mesoclimatic variability was mainly reflected in its oenological characteristics. Temperature variations favored sugar accumulation, reaching average differences of up to 10 g/L, and decreased the final malic acid content, with differences of up to 2 g/L between plots. The average total acidity of the cooler plots was slightly higher than the average of the three plots with high maximum temperatures. Differences in agronomic variables such as yield and leaf area were not related to mesoclimatic variability. Wine analysis showed no significant differences for any of the variables, except for the Total Polyphenol Index, which was 5.5 in wine from plots with high temperature ranges, while wine from plots with moderate temperatures obtained a TPI of 5.2.

*Keywords:* Albariño (*Vitis vinifera* L.), grapevine, mesoclimate, topography

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de vid (*Vitis vinifera* L.) para producir uva con destino a la vinificación es una actividad que se desarrolla en casi todos los departamentos del país, aunque fuertemente concentrado en la zona sur, precisamente en los departamentos de Canelones y Montevideo con el 82% de los 1103 viñedos existentes. Últimamente se ha incrementado su presencia en la zona sureste, en los departamentos de Maldonado y Rocha, aumentando las hectáreas cultivadas en un 140% y 190% de 2014 a 2023 respectivamente, según datos de la Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2014) y el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI, 2023).

La variedad Albariño ha tomado relevancia en los últimos años en el país, a raíz de su buen desempeño agronómico y enológico, situándose en 2023 como la novena variedad más plantada y la primera variedad blanca más plantada con destino a vino fino o VCP (INAVI, 2024). Es originaria de Galicia (España), por lo cual se infiere que podría adaptarse correctamente a las condiciones húmedas durante la etapa de maduración que predominan en nuestras latitudes. Debido a los buenos resultados obtenidos, actualmente se busca posicionarla como la nueva 'cepa emblema' (M. Fourment, comunicación personal, 2024).

En este trabajo se propone evaluar la respuesta agronómica y enológica de la variedad Albariño mediante el análisis de diversas variables, como son el rendimiento, el desarrollo foliar y la composición primaria y secundaria de la baya y del vino. Las mismas son contrastadas con distintas condiciones climáticas dentro del viñedo generadas por combinaciones de altura y exposición, contemplando variables como el Índice Heliotérmico, el Índice de Frescor Nocturno, la temperatura media y la amplitud térmica, contribuyendo a los antecedentes de estudio del desempeño de la vid en relación al mesoclima.

A propósito de dichos objetivos, se trazaron las siguientes hipótesis:

- Las diferentes condiciones topográficas de la región de estudio influyen en la temperatura de las parcelas en las diferentes zonas (meso-clima).
- Las singularidades geográficas de las parcelas (de altitud y pendiente) y del meso-clima influyen en el potencial agronómico y enológico de la variedad Albariño en la región Este.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Aspectos Generales de la Vitivinicultura en Uruguay

El cultivo de vid en Uruguay fue introducido por inmigrantes europeos en el siglo XVIII, pero no es hasta fines del siglo XIX cuando la vitivinicultura comercial comienza a consolidarse, fundamentalmente en la zona suroeste del país (Baptista, 2015). Actualmente, existen 5848 hectáreas bajo viña, de las cuales se obtuvo en 2022 102.964 toneladas de uva para vino (DIEA, 2023). Las variedades más plantadas son las tintas, principalmente Tannat, con el 27,2% de la superficie vitícola, seguida de Moscatel de Hamburgo para vino y Merlot, con el 16,7% y 10,7% respectivamente (INAVI, 2024). En lo que respecta a las variedades de uva blanca, la que encabeza la lista es Ugni blanc, con el 10,3%, seguida de Sauvignon y Albariño, con el 2,4% y 2% de la superficie respectivamente (INAVI, 2023). Si bien en los últimos 40 años existió una retracción del área vitícola de un 62%, los rendimientos totales del país han aumentado en un 28% (Bregante, 2003; DIEA, 2023), esto es gracias a la incorporación de nuevas tecnologías de producción (Fourment, Tachini & Ferrer, 2024). El sector vinícola produjo 50.224.537,16 litros en el año 2023, distribuido en 162 bodegas. La producción está orientada a vinos tintos, que representan el 61%, en tanto los blancos son el 11% (INAVI, 2023). En el departamento de Maldonado existen 407 hectáreas bajo cultivo de vid, que representan el 7% de la superficie cultivada nacional (DIEA, 2023), y allí se ubican 8 bodegas (INAVI, 2023). A diferencia del dato nacional, el 30,5% de la producción de vinos del departamento son vinos blancos (DIEA, 2023). Actualmente el principal desafío de la viticultura uruguaya radica en desarrollar estrategias para conservar a los pequeños productores y aumentar la competitividad y sostenibilidad, desde el punto de vista social, económico y ambiental (Fourment, Tachini & Ferrer, 2024).

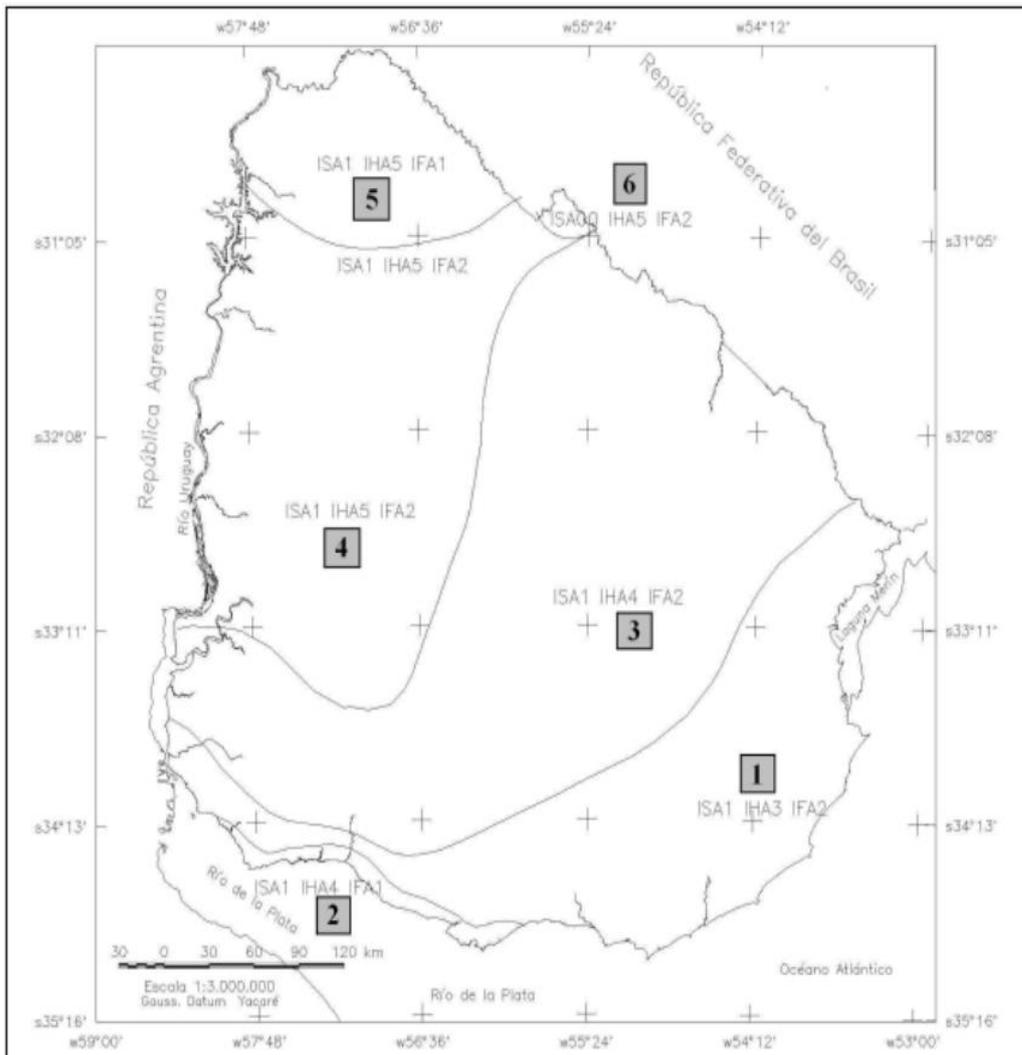
Sobre los siglos XVII y XVIII se establece el concepto de *terroir* como una situación geográfica que describe las características del medio físico considerado homogéneo (Deloire et al., 2008). Según la Resolución OIV-VITI 423-2012, es posible delimitar zonas por elementos físicos medioambientales como lo son el suelo y el clima (Fourment, Tachini, Bonnardot et al., 2024), pero que dada su interacción corresponde que sean estudiados en conjunto (Deloire et al., 2003). Si bien actualmente hay definiciones de *terroir* que toman en cuenta componentes sociales y prácticas culturales relacionadas a la labor agrícola, es la que toma en cuenta el espacio físico y sus características ambientales la más difundida (Fourment, Tachini, Bonnardot et al., 2024).

Existe un antecedente de zonificación por índices bioclimáticos para Uruguay, propuesto por Ferrer et al. (2007). Los índices son el de Sequía (IS), Heliotérmico (IH) y Frescor nocturno (IF) y se utilizó el método de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) de Tonietto y Carbonneau (2004) y análisis multidimensional: Componentes principales y Cluster, cartografiados mediante el programa 'SPRING'. Esta zonificación delimitó seis zonas con condiciones climáticas singulares en relación a su potencial para el cultivo de la vid (Figura 1).

La mayor parte de la superficie implantada bajo cultivo de vid se encuentra bajo dos tipos de climas; a) sequía moderada, templado, y noches templadas, y b) sequía moderada, templado cálido y noches cálidas. La condición de sequía moderada es favorable para el cultivo, en la medida que provoca una temprana detención del

crecimiento vegetativo. No existen limitantes en relación a los valores del Índice Heliotérmico, en tanto el IF ubica la mayor parte del país con valores favorables a la síntesis de metabolitos secundarios deseables. Se estableció que la influencia del océano Atlántico está presente en la mayor parte de la superficie vitícola del país (Ferrer et al., 2007).

**Figura 1**  
Zonificación en base a índices bioclimáticos



*Nota.* Tomado de Ferrer et al. (2007).

Respecto a las condiciones edáficas, Silva et al. (2018) realizaron una caracterización de los suelos bajo viña en Uruguay tomando como punto de partida las regiones geomorfológicas, y estableciendo una clasificación de ocho regiones. Se observó una gran variabilidad de suelos, producto de la diversidad de materiales parentales, así como la topografía predominante en cada zona y las condiciones ambientales a las que fue expuesto. Los suelos dominantes poseen horizontes Bt de alto contenido de arcilla, poco permeables, y horizontes superficiales oscuros con abundancia de materia orgánica, con la salvedad de los suelos cuyo origen son areniscas o rocas de origen metamórfico.

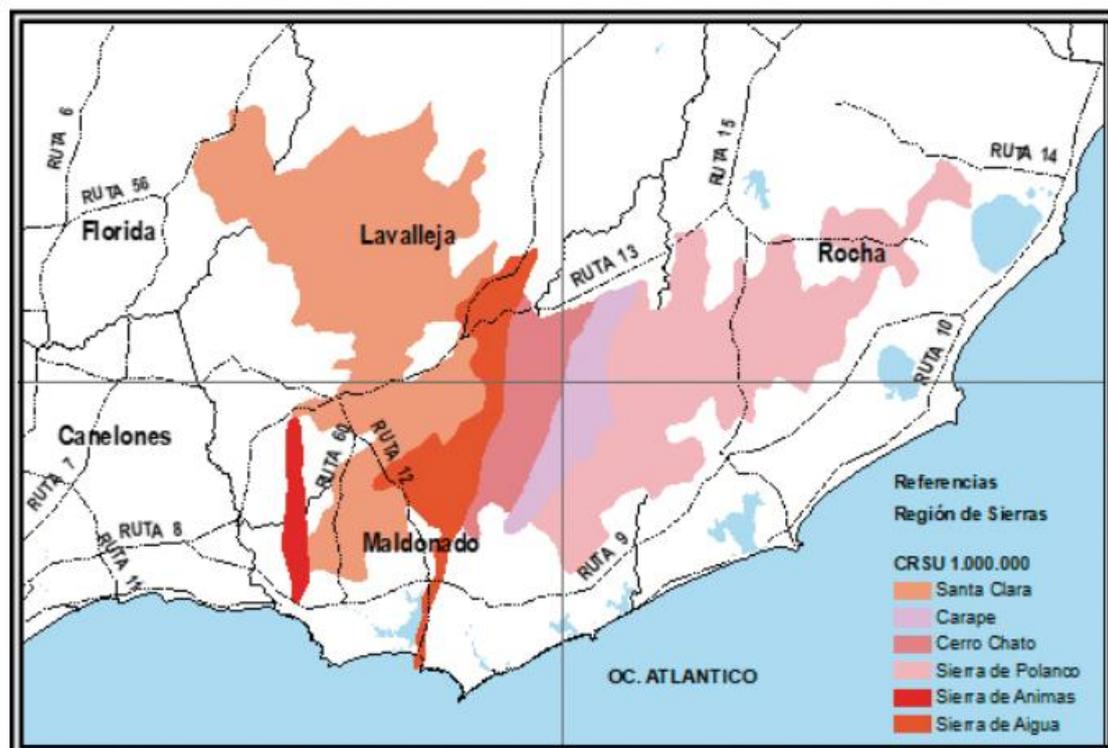
### 2.1.1. Región Vitivinícola Este

Durán et al. (2005) y Durán y García Préchac (2007) han definido a la Región Geomorfológica Colinas y Lomadas del Este, a la que se encuentra al sureste de las sierras, en los departamentos de Maldonado y Rocha. Toma forma de banda, cuyos niveles están por encima de las planicies, pero no sobrepasan el nivel serrano (Silva et al., 2018). Es la región con topografía más accidentada, cuyas pendientes se encuentran entre el 5-10 al 20-30%. A su vez, se divide en dos regiones; una corresponde a las Colinas, cuyo nivel altimétrico se ubica entre 40 a 120 metros sobre el nivel del mar (msnm) y pendientes más pronunciadas. Posee sedimentos discontinuos de fino espesor de lodolitas, textura limo arcillosa y es de edad cuaternaria superior, entre 1,5 a 0,1 Ma. Por otra parte, la zona correspondiente a las Lomadas, presenta alturas de entre 25-60 msnm, pendientes suaves, con recubrimientos homogéneos y más sólidos en espesor. Los suelos allí son moderadamente profundos o superficiales, de fertilidad media, a veces baja en las zonas altas, y profundos o moderadamente profundos, de fertilidad media a alta en las zonas de lomadas (Silva et al., 2018).

Tomando en cuenta las zonas con implantación de viñedos, se delimitó la Región Vitícola Atlántica (RVA), cuyas unidades cartográficas se muestran a continuación (Figura 2) (Silva et al., 2018).

**Figura 2**

*Mapa de la región vitícola atlántica*



Nota. Tomado de Silva et al. (2018).

La zona de estudio se encuentra cercana a la denominada Sierra de Polanco, cuyo relieve es serrano no rocoso, y allí se encuentran suelos del tipo Brunosol

Subeutrico Típico y Haplico, en tanto el material geológico es Basamento Cristalino alterado (Ectinitas, granitos predevonianos, migmatitas) (Silva et al., 2018).

Desde el punto de vista climático, el área de estudio está comprendida dentro de la zona denominada ISA1 IHA3 IFA2, que abarca el este de Cerro Largo, Rocha, Maldonado, sureste de Lavalleja, Canelones, Montevideo, sur de San José y sur de Colonia (Ferrer et al., 2007). Se establecieron para dichas zonas, según los índices utilizados, niveles de reserva de agua de entre 50 y -100mm, correspondientes a una sequía moderada, noches templadas, de entre 14 y 17,9 C°, y valores de índice Heliotérmico de entre 1800 a 2100, correspondientes a un clima templado. Si bien el estudio de los vinos de esta región fue realizado únicamente en variedades tintas, los mismos fueron significativamente superiores en sus contenidos de alcohol, acidez total, ácido tartárico, polifenoles totales, proantocianidinas e intensidad colorante en relación a los del Suroeste (Ferrer et al., 2007).

## **2.2. Impacto del Clima en la Viticultura**

Se ha establecido que el resultado de la interrelación entre el clima, el rendimiento, la composición de la baya y el crecimiento vegetativo, es lo que establece e individualiza el potencial vitícola de una región (Ferrer et al., 2007). La ubicación geográfica de los viñedos a nivel mundial está vinculada a la zonificación por criterios climáticos (Bonnefoy et al., 2010). Para los países vitícolas americanos es un desafío la investigación mediante índices bioclimáticos para describir y delimitar zonas (Ferrer et al., 2007).

### **2.2.1. Escalas de Estudio del Clima**

Si bien el clima no es el único factor que influye en la agricultura, es el más variable en el tiempo y por lo tanto sus efectos son más visibles (Hernández, 1993). La heterogeneidad de la superficie, ya sea dada por la topografía, la vegetación o la infraestructura condicionan las variables meteorológicas, en particular el meso y microclima (Quénol, 2002).

#### Macroclima:

La escala más utilizada es la macroclimática, cuya capacidad de registrar la variabilidad espacio-temporal del clima permite dilucidar tendencias estadísticas o bien la ruptura de las mismas, con series de datos lo suficientemente extensas, en torno a los 30 años, y superficies mayores a 10.000 kilómetros cuadrados. Está definido fundamentalmente por la circulación atmosférica, la cercanía a los trópicos y el grado de continentalidad de la región (Lizarbe, 2021; Quénol, 2011).

#### Mesoclima:

Esta escala puede abarcar desde algunos cientos de metros hasta kilómetros, y se estudia mediante la instalación de estaciones o sensores meteorológicos, generalmente vinculados a estudios científicos del clima en escalas finas, y cuya distribución está condicionada por factores como la topografía (Keller, 2007; Quénol, 2011), por eso también recibe el nombre de topoclima (Keller, 2007).

Estudios a nivel del mesoclima atribuyen las diferencias obtenidas en degradación de ácidos y acumulación de compuestos secundarios de la baya a la cercanía al mar, y muestran la variación de su influencia en pocos kilómetros (Fourment et al., 2017).

#### Microclima:

Es la escala que identifica diferencias dentro de un viñedo o incluso dentro de la canopia, pudiendo variar a escasos centímetros y modificarse si cambian las condiciones que lo provocaron, es decir, la orientación, la pendiente y la estructura del dosel (Lizarbe, 2021). Por tal motivo la escala microclimática está relacionada con las prácticas vitícolas que se lleven a cabo en el cultivo (Keller, 2007), por ejemplo el deshojado, que tiene efectos en el porcentaje de la radiación indecente en los racimos y en las temperaturas máximas en los mismos (Piccardo, 2008), así como también en los componentes físicos de la baya (pulpa, hollejo y semillas) (Moreno, 2022).

#### **2.2.2. Componentes del Clima**

El factor climático tiene efectos en la fenología de la planta, es decir, en el intervalo entre etapas fenológicas, reposo invernal - brotación - floración - envero - cosecha. Asimismo, la duración de cada una de las etapas y los eventos climáticos ocurridos en las mismas inciden en la composición de la baya (Jones & Davis, 2000). Los factores climáticos también definen el vigor de la planta, por ejemplo, medido en número de sarmientos o número de hojas por sarmiento, y a su vez este, define el microclima dentro de la planta, es decir, la cantidad de luz que llega a las hojas y los racimos, así como también la humedad de dentro de la canopia. Las variaciones de índices bioclimáticos y su incidencia en la fenología de la vid pueden traducirse en modificaciones de la duración y momento de la maduración de las bayas (Van Leeuwen & Seguin, 2006).

#### Temperatura:

Los requerimientos térmicos para completar el ciclo, medidos como grados día, son distintos entre variedades; los cultivares de uva de mesa de madurez temprana, requieren entre 850 a 950 grados día para alcanzar su madurez, mientras que los cultivares de madurez tardía requieren de 1.150 a 1.350 grados día (Villaseca et al., 1986). Existe una correlación superior a 0,9 entre los grados día y la fenología de la vid, los sólidos solubles, el pH y la acidez total, pudiendo usarse este parámetro como predictor de las etapas del cultivo (Ortega-Farías et al., 2002). Villaseca et al. (1986) establecieron para las variedades blancas Riesling y Calmeria una acumulación de grados día entre brotación e inicio de floración de 296 y 305, durante la floración de 102 y 95, desde fin de floración a envero un total de 446 y 540 grados día, y de envero a maduración de 536 y 408, respectivamente.

A medida que se suceden las etapas fenológicas, la temperatura óptima para el desarrollo de la planta varía, siendo de 9-10 °C en brotación, 12-22°C de floración a cambio de color, entre 22 y 26 °C desde envero a maduración y aproximadamente 18 a 20 °C durante la vendimia, aunque las variedades blancas suelen ser menos exigentes (Reynier, 2005).

Las temperaturas se encuentran estrechamente relacionadas a la topografía. Estudios realizados en Vinho Verde en Portugal y en la costa atlántica sur de Sudáfrica, establecieron que las temperaturas más altas fueron registradas en zonas altas o donde las pendientes se encuentran por encima de 5% y el aire frío está permanentemente en movimiento, en tanto las más bajas se encuentran en los valles, hacia donde drena el aire frío (Bonnardot et al., 2012; Quénot et al., 2007). Gracias al gradiente de temperatura de las laderas, los viñedos presentan diferencias en la temperatura nocturna aún en distancias cortas (Bonnardot et al., 2012).

La amplitud térmica o variabilidad entre zonas del viñedo se acentúa en condiciones de radiactividad atmosférica, es decir, cielo despejado y viento menor a 2m/s (Quénot et al., 2007) e influenciada por factores topográficos como la altura, siendo mayor en zonas más bajas; asimismo, son las zonas bajas las que obtienen menores registros de frescor nocturno (Fourment et al., 2022). La amplitud térmica se vuelve más estrecha con la influencia de la brisa marina como regulador térmico, cuyos efectos cubren buena parte de los viñedos uruguayos, alcanzando los 30 kilómetros desde la costa del río De la Plata (Fourment, 2016). Temperaturas contrastantes en invierno y verano son favorables, también lo son las amplitudes térmicas entre el día y la noche durante el periodo de maduración, que aumentan el contenido de azúcar de la baya y el contenido de polifenoles (Carbonell-Bejerano et al., 2013; Falcao et al., 2010; Pérez-Gregorio et al., 2012). Maduraciones lentas bajo estas condiciones generan vinos afrutados (Hidalgo, 1993; Pérez-Gregorio et al., 2012).

Las yemas de vid responden a los días cortos y no así a la disminución de las temperaturas para la entrada en dormición (Anzanello et al., 2018; Keller, 2007). Sin embargo, los mecanismos de resistencia al frío, que se desarrollan posterior a la dormancia y están vinculados a la activación de los genes de la dehidrina, sí son inducidos por las bajas temperaturas (Rubio et al., 2016). Los requerimientos de frío de la vid son bajos en relación a otras especies leñosas, por lo tanto, la salida de la endodormancia ocurre temprano, cercano a la caída de hojas en climas templados, y pasan gran parte del invierno en ecodormancia (Keller, 2007). Los requerimientos de frío varían entre las distintas variedades, y se encuentran entre 150 y 1200 horas de frío (Keller, 2007).

Un déficit de frío invernal puede provocar retraso o disminución de la brotación, brotación errática de las yemas e incluso problemas en la maduración (Wicks et al., 1984). La brotación depende entonces de temperaturas cálidas en el final del invierno, lo que aumenta el riesgo por heladas tardías, ya que los tejidos de rápido crecimiento y mayor contenido de agua son más sensibles al daño por frío (Keller, 2007; Persico et al., 2021).

El momento de brotación también está condicionado por la temperatura del suelo, provocando que zonas con suelos bien drenados o pedregosos, que calientan más rápido, broten antes que zonas de suelos arcillosos y húmedos, según el Australian Wine Research Institute (AWRI, 2010). Una vez iniciado el crecimiento de los pámpanos, el fitocrono, definido como el tiempo que tarda en desplegarse una nueva hoja, está estrechamente relacionado con la temperatura. Dos días consecutivos con temperaturas medias de 21°C son suficientes para el desarrollo completo de una nueva hoja (Pellegrino et al., 2020).

Temperaturas frescas y condiciones de alta humedad en floración pueden afectar la fecundación y cuajado de las bayas (Pérez-Gregorio et al., 2012). La

formación de inflorescencias depende de las condiciones ambientales, entre ellas la temperatura. Temperaturas cálidas favorecen la formación de las mismas, sin embargo, temperaturas extremas, mayores a 35°C disminuyen la formación de inflorescencias. Temperaturas altas durante el crecimiento del pámpano pueden acelerar demasiado el desarrollo del mismo provocando pérdidas de inflorescencias, fenómeno conocido como 'filage' (Almanza, 2011). El cuajado de los frutos también se relaciona con la temperatura, siendo óptimo entre 15 y 35°C, dado que temperaturas fuera de ese rango afectan el crecimiento del tubo polínico (Almanza, 2011). Temperaturas demasiado altas a nivel de hoja aumentan la deshidratación de la planta y la reducción de la fotosíntesis, afectando procesos vinculados al cuajado, crecimiento o acumulación de compuestos de la baya, según el momento del ciclo. Este efecto puede variar según la tolerancia y el comportamiento estomático de cada variedad. Cuando las temperaturas son altas (dentro del óptimo), la planta favorece el crecimiento vegetativo, provocando brotes más largos, en detrimento del crecimiento de las bayas (Keller, 2015).

La temperatura también se ve influenciada por la nubosidad; días y noches con presencia de nubosidad provocan una menor amplitud térmica y afectan el balance de carbono de la planta, ya que la misma realizará menor fotosíntesis durante el día, pero perderá más durante la noche a causa de la respiración, generando una menor disponibilidad de fotoasimilados para el desarrollo de la planta (Keller, 2015).

Temperaturas por debajo o por encima del óptimo durante el proceso de crecimiento de la baya limitan la multiplicación celular, así como la elongación de las células, afectando el tamaño final de la baya (Greer & Weedon, 2013; Martínez de Toda, 2019). Si bien temperaturas altas previo al envero favorecen la síntesis de taninos, las mismas pueden acortar este periodo y limitar el tiempo de maduración de este compuesto, además de provocar un envero prematuro, causando daños en la piel de la baya, desecamiento o mal desarrollo del sabor (Martínez de Toda, 2019; Mullins et al., 1992).

Climas más fríos tienden a producir bayas con mayor nivel de acidez y menos concentración de azúcares, así como vinos con menor graduación alcohólica, contrario a lo que ocurre en climas cálidos, donde la desecación del suelo está vinculada a una parada de crecimiento temprana y un adelantamiento de los procesos de maduración (Hidalgo, 2006; Pérez-Gregorio et al., 2012; Ruml et al., 2016). Maduraciones tempranas provocan bayas con alto contenido de azúcar y baja concentración de ácidos orgánicos (Van Leeuwen & Seguin, 2006). Temperaturas altas disminuyen la acidez porque promueven la degradación del ácido málico mediante un aumento en la tasa de respiración (Ruffner et al., 1976; Sweetman et al., 2009). El efecto de la temperatura en la degradación del ácido tartárico no es claro, ya que algunos autores señalan que no existe una disminución del mismo frente al aumento de la temperatura y la exposición de las bayas (Ruffner et al., 1976), en tanto otros señalan que los contenidos de ácido tartárico son mayores en bayas sombreadas (DeBolt et al., 2006). Existe una rápida concentración de azúcares en climas cálidos, relacionada a temperaturas en torno a los 25-30°C que promueven mayor actividad fotosintética, sin embargo, esta aceleración no se traduce en contenidos significativamente altos de azúcar al final de la maduración (Martínez de Toda, 2019). La sensibilidad a la temperatura es mayor en uvas blancas, alcanzando mayor grado de degradación de compuestos aromáticos a temperaturas más bajas (por encima de 20°C) que las variedades tintas (Martínez de Toda, 2019). El efecto de la temperatura en las bayas

es importante para considerar la estructura de la canopia o el vigor de la misma, ya que se ha demostrado que el sombreado reduce la temperatura hasta 10°C (Millar, 1972), y provocando retrasos en la maduración y falta de acumulación de azúcares (Jackson & Lombard, 1993). Las temperaturas frescas durante la noche, en torno a los 10°C y 15°C favorecen un buen desarrollo del color y el sabor (Hunter & Bonnardot, 2004).

#### Radiación:

Particularmente en las zonas límites para el cultivo de vides, la implantación en laderas de cara al sol del mediodía favorece la insolación de las bayas, factor fundamental para una maduración adecuada (Hidalgo, 2006).

Canopias muy vigorosas modifican el microclima dentro de la planta, al incidir en la exposición de bayas y hojas, modificando la composición de los granos, por ejemplo, provocando bajos niveles de pH en las bayas y alto grado de acidez (Jackson, 1986; Martínez de Toda, 2008), lo cual es especialmente desfavorable en climas calurosos y poco frecuente en climas frescos (Jackson, 1986).

El sombreado completo de las uvas Thompson Seed-less mostró un ligero incremento en la concentración de sólidos solubles, así como la acidez total (Kliewer & Antcliff, 1970). Por el contrario, el sombreado de los racimos de Shiraz no tuvo efecto sobre la acumulación de azúcar, pero sí redujo las concentraciones de flavonoides en la piel (Downey et al., 2004). Se realizó una observación similar con uvas Merlot sombreadas (Spayd et al., 2002). Esto hace presumir que la respuesta a la radiación es varietal (Greer & Weedon, 2013). En racimos no sombreados de la variedad Semillón se reportaron bayas más grandes en relación a los sombreados, sin embargo, los mismos presentan mayores daños por quemado de sol (Greer & Weedon, 2013).

Alta radiación promueve la degradación del ácido málico producto de un aumento de la temperatura de la baya, así como la formación de compuestos fenólicos en general, aspecto que también se ve influenciado por la insolación de la canopia (Pereira et al., 2006; Ruffner et al., 1976; Sweetman et al., 2009).

#### Precipitación:

Los requerimientos hídricos varían según las necesidades fisiológicas de la planta a lo largo del ciclo. Durante la brotación se requieren unos 14 a 15 mm que logre potenciar el desarrollo radicular que ocurre en dicha etapa (Pérez-Gregorio et al., 2012). En floración no es deseable un ambiente húmedo ya que arrastra el polen fuera de la flor e impide el desprendimiento de la caliptra (Almanza, 2011) y el cuajado de las bayas, por lo tanto 10 mm serían suficientes para dicha etapa (Pérez-Gregorio et al., 2012). Entre el cuajado y la maduración, durante el crecimiento y elongación de las células de la baya, la demanda de fotoasimilados es máxima, y debe garantizarse un buen suministro de agua, en torno a los 80 a 100 mm. Previo a la vendimia, precipitaciones abundantes ingresan agua a la bodega perjudicando la vinificación, provocan el lavado de las levaduras nativas que habitan en los hollejos y diluyen compuestos de la uva, por tanto, el óptimo es de 0 a 40 mm (Pérez-Gregorio et al., 2012).

### 2.2.3. Antecedentes del Estudio del Meso-clima en Viñedos

Nadal et al. (2011) estudiaron el efecto de un mesoclima precoz y uno tardío de la región DOca Priorat, en Tarragona (noreste de España), en la fenología y el rendimiento de la variedad Cariñena, calculando los grados día, el DPV y la evapotranspiración. No encontraron diferencias en producción, peso de racimo y superficie foliar, sin embargo, obtuvieron diferencias significativas en peso de baya e índice de Ravaz, y atribuyó las mismas al efecto del mesoclima. Asimismo, se pudo establecer que en el mesoclima tardío las temperaturas, los grados día de crecimiento y el DPV son inferiores, y que las diferencias fenológicas entre un sitio y otro se acentúan en años cálidos y zonas precoces.

Bonnardot et al. (2012) establecieron las variaciones de la temperatura nocturna en Stellenbosch, mediante el registro con 40 sensores ubicados en viñedos en distintas condiciones de altura. La diferencia media encontrada entre sitios fue de 3°C, en tanto la máxima diferencia fue de 14°C. Se determinaron diferencias de 1 a 2 °C por kilómetro y de 3°C cada 100 metros de elevación; asimismo, se estableció una correlación entre la altura y la temperatura mínima, siendo esta inferior en las zonas bajas.

Falcao et al. (2010) estudiaron el efecto de la altura y la temperatura en la fenología y las condiciones fisicoquímicas de la baya durante la maduración en el estado de Santa Catarina, Brasil. Se estableció una relación inversa entre la altura y la amplitud térmica, así como un acortamiento del ciclo en las zonas más bajas. La topografía influyó en las características de la baya, fundamentalmente en el pH, que disminuyó a medida que se aumentaba la altura de las parcelas.

Fourment et al. (2014) estudiaron el efecto de la circulación atmosférica en la temperatura de viñedos ubicados en distintas condiciones topográficas y distancia del estuario del Río de la Plata en Uruguay. Establecieron diferencias en relación a la dirección del viento dominante según la cercanía a la costa, así como el aumento del mismo en las horas de la tarde. Asimismo, se observó la rotación del viento en las parcelas más alejadas de la costa, pasando de noreste en horas de la mañana a sureste después del mediodía, lo que indica la llegada de la brisa marina, y una consecuente bajada de temperatura, que fue más marcada en aquellas parcelas cercanas al río. Este efecto se puede detectar 30 kilómetros tierra adentro y ayuda a regular el estrés térmico de las plantas, favoreciendo una correcta actividad fotosintética y el desarrollo de los compuestos primarios y secundarios de la baya.

Hunter et al. (2016) profundizaron en el efecto de la orientación de las filas en el microclima y mesoclima de un viñedo de la variedad Syrah en Sudáfrica. Se encontraron diferencias respecto a la velocidad del viento, que fue superior en las filas con orientación NO-SE y N-S, y en la radiación captada por la canopia y la captada por las bayas, que fue más alta en las filas N-S y E-O respectivamente.

Fourment (2016) llevó a cabo un estudio donde determina la variabilidad climática espacial y temporal a escala meso-climática en el sur de Uruguay, estableciendo el impacto de estas variables en la variedad Tannat y posibles adaptaciones al cambio climático. Encontró diferencias en IH y GD entre parcelas, alcanzando una diferencia de casi 1 grado por día. Asimismo, estableció altas correlaciones ( $R= 0,96$  y  $0,97$ ) entre estos índices y la evolución fenológica. Respecto a las temperaturas, se encontró mayor amplitud térmica cuanto más lejos del mar, y atribuyó este gradiente al efecto de la brisa marina como regulador térmico.

Fourment et al. (2017) estudiaron los efectos de la variabilidad espacial de la temperatura en la composición de las bayas en viñedos del sur de Uruguay. Establecieron que el efecto de la temperatura era variable entre años, que se relaciona fundamentalmente con los compuestos secundarios de la baya, y que el efecto se acentúa cuando la maduración ocurre en condiciones secas. Asimismo, se determinó que la degradación de ácidos era mayor en las zonas más alejadas de la costa, donde la temperatura es más alta, y que las temperaturas frescas durante la noche favorecen la acumulación de compuestos secundarios.

Tachini et al. (2023) determinaron los efectos de la exposición a la topografía y la altitud en el comportamiento agronómico y enológico de la variedad Tannat en un viñedo costero de Uruguay. Establecieron que la altura es el componente topográfico con mayor incidencia, provocando que aquellas parcelas situadas a mayor altura tuvieran altos contenidos de ácido málico, en tanto aquellas más bajas se destacaran por su potencial antociánico.

Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) estudiaron el comportamiento de Albariño en relación a la variabilidad mesoclimática que provoca la exposición a la brisa marina del océano Atlántico. Se determinó que las diferencias de temperatura encontradas dentro del viñedo se traducen en diferencias en la composición de la baya, pero no en parámetros relacionados al rendimiento, y que estas diferencias se acentúan en años secos y calurosos.

### **2.3. Variedad Albariño**

La variedad Albariño es una uva blanca originaria del noroeste de España y norte de Portugal, siendo la cepa principal de la Denominación de Origen Rías Baixas (Santiago, Boso et al., 2007). Esta zona está influenciada por la costa Atlántica, que provoca temperaturas suaves y un régimen hídrico bien distribuido, aunque con una merma en los meses de verano. Los vinos obtenidos de dicha región son frescos y afrutados, de baja graduación alcohólica y alta acidez (Pérez-Gregorio et al., 2012).

#### **2.3.1. Importancia de la Variedad en Uruguay**

Se trata de una variedad que aumenta su superficie cultivada año a año en Uruguay, pasando de 57,4 hectáreas en 2019 a 128 hectáreas en 2024, posicionándose como la segunda variedad blanca más plantada con destino a la elaboración de vinos de calidad preferencial (INAVI, 2019, 2024).

Albariño ha encontrado en el país condiciones climáticas similares a la de su lugar de origen, factor que se evidencia en su comportamiento agronómico y enológico, incluso en condiciones adversas durante la maduración (Atkin, 2023; Fourment et al., 2022).

#### **2.3.2. Aspectos Agronómicos**

Según descripciones ampelográficas, se trata de una variedad de hojas pentagonales, sin pigmentación en las nervaduras, con bordes ligeramente revolutos y seno peciolar abierto en forma de 'U'. En cuanto a los racimos, los mismos son cónicos con alas y algo compactos, con alto contenido de pruina en los hollejos (Figura 3) (PlantGrape, 2025; Santiago, Boso et al., 2007).

Según estudios realizados en la península Ibérica, esta variedad presenta un promedio de 2,11 racimos por brote y 17,22 racimos por planta, con un peso medio de

202 gramos por racimo. El rendimiento se encuentra en torno a 3,74 kg/planta o 7.679 kg/ha (Santiago, Gago et al., 2007).

El rendimiento de Albariño conducida en espaldera reportado por Junquera et al. (2015) en la región de Rias Baixas es de 13,3 ton/ha, con un índice de Ravaz de 2,6, es decir, plantas con un crecimiento vegetativo vigoroso.

### Figura 3

*Racimo de Albariño en Envero*



Para la costa atlántica de Uruguay, el rendimiento promedio es de 1,7 kg por cepa y 1,3 gramos por baya, en tanto el peso de madera de poda y la SFEP es de 1,34 kg y 6314 m<sup>2</sup> /ha en promedio respectivamente (Bentancor, 2023; Fourment, Tachini, Bonnardot et al., 2024).

#### 2.3.3. Aspectos Enológicos

Zamuz et al. (2007) determinaron la variabilidad enológica entre clones de Albariño en Galicia, hallando diferencias significativas en los niveles de acidez total, etanol, ácido tartárico, ácido málico y acidez volátil. El etanol obtuvo un rango de 9,85 a 11,80 % v/v, la acidez total se ubicó entre 7,6 y 9,1 g/L, la acidez volátil fluctuó entre 0,2 y 0,8 g/L, en tanto el rango para el ácido tartárico y el ácido málico fue de 2,3 a 4,2 g/L y 1,9 a 2,9 g/L respectivamente.

Vilanova et al. (2007) estudiaron la influencia del terroir en la composición volátil de vinos Albariño de Galicia, estableciendo diferencias fundamentalmente en el contenido de terpenos, siendo el geraniol más abundante en el norte, en tanto el nerol y linalol más abundantes en el sur; y en relación a los alcoholes superiores, siendo el 2-fenil etanol y el alcohol bencílico predominantes en el sur y norte respectivamente.

Junquera et al. (2015) probaron el efecto de distintos sistemas de conducción en el rendimiento, la composición de la baya y el equilibrio de la planta en Albariño en la región de Rias Baixas. Concluyeron que sistemas como la Lira o el Scott-Henry lograban bayas con niveles similares de sólidos solubles, en torno a 20,8 °Brix, pero menores niveles de ácido málico (3,6 y 4,1 g/L contra 5,5 g/L obtenidos en Parral) y pH superior. Las plantas conducidas en espaldera obtuvieron una concentración de sólidos solubles de 20,8 °Brix, 10,4 g/L de acidez total (expresado como gramos de ácido tartárico), 4,5 g/L de ácido málico y 6,8 de ácido tartárico.

Mirás Avalos et al. (2012) estudiaron el efecto del riego en la composición del mosto y del vino, sin encontrar diferencias significativas. Los resultados muestran que el nivel de acidez total (g ácido tartárico/L) fue de 7,47 y 7,83, el contenido de ácido málico (g/L) fue de 1,57 y 1,63, y el ácido tartárico 7,18 y 7,10 g/L en riego y seco respectivamente.

Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) estudiaron el efecto de la exposición al océano Atlántico de varias parcelas de Albariño en la composición de las bayas, encontrando diferencias significativas en los °Brix y la acidez total. Para estas variables, las parcelas obtuvieron un promedio de 20,6° y 21° en las zonas de alta y baja exposición respectivamente, en tanto la acidez estuvo en torno a una media de 6,5 y 5,4 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> /L en la zona alta y baja respectivamente. No se registraron diferencias significativas en el índice de polifenoles totales, con un promedio de 25,2 y 40 en el alto y bajo, así como tampoco en el pH, donde se obtuvo un valor de 3,1 en ambos casos.

Análisis descriptivos del vino Albariño típico, proveniente de la región de Rias Baixas, determinó que el aroma del mismo se caracteriza por notas afrutadas, florales y herbáceas (Vilanova et al., 2007).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Región de Estudio

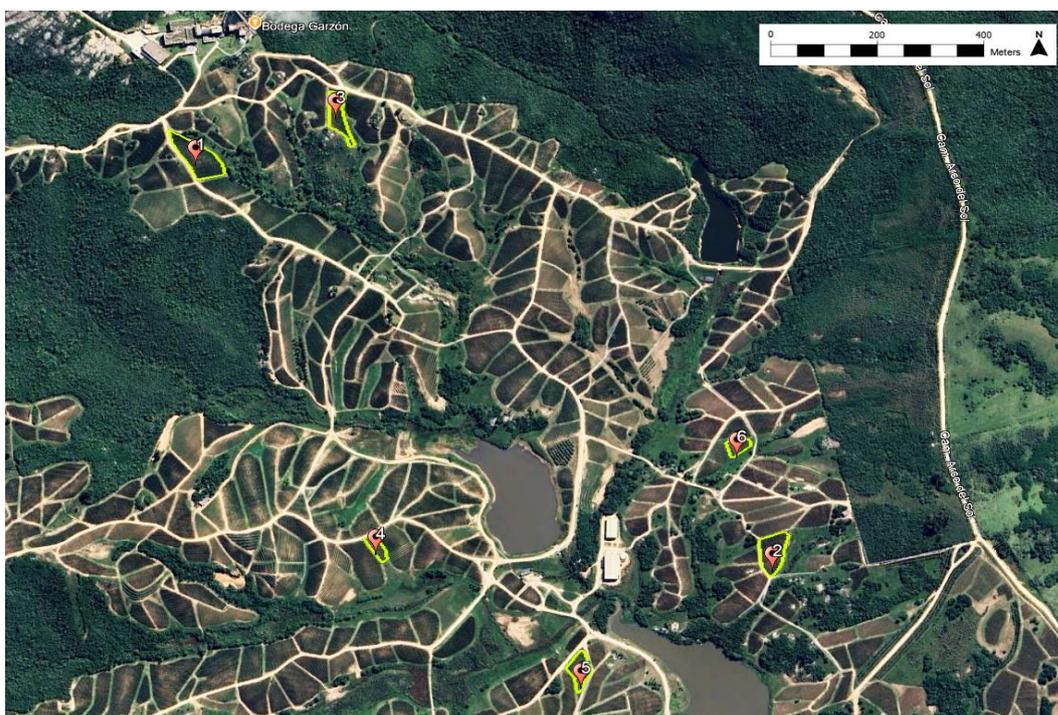
El trabajo fue realizado en un viñedo de carácter comercial en las coordenadas -34,5; 54,6, ubicado 10 km al oeste de Garzón, en el departamento de Maldonado.

#### 3.2. Descripción del Viñedo Bajo Estudio

Se seleccionaron 6 cuadros de la variedad Albariño (Figura 4) en distintas condiciones de altitud, de forma de cubrir la variabilidad topográfica que existe en el lugar, y así establecer la respuesta varietal en diferentes condiciones topo-climáticas, en relación al comportamiento agronómico y enológico en los distintos contextos (Tabla 1). Las parcelas fueron nombradas del 1 al 6 en función de la altitud de las mismas y las letras L (bajo, del inglés 'low') y H (alto, del inglés 'high') hacen referencia a una clasificación previa realizada por Tachini et al. (2023).

#### Figura 4

*Vista satelital del viñedo bajo estudio*



Nota. Adaptado de Google (2024).

**Tabla 1**  
*Descripción de las parcelas bajo estudio*

Cuadro	Nº de plantas	Superficie (ha)	Portainjerto	Orientación	Altitud media (msnm)
1L	1300	0,26	Gravesac	E-O	79
2L	750	0,15	3309	SO-NE	89
3L	700	0,14	SO4	SO-NE	95
4H	2000	0,4	SO4	NO-SE	120
5H	3000	0,6	SO4	N-S	138
6H	1600	0,32	SO4	E-O	142

El marco de plantación en todos los cuadros es de 1 metro entre plantas por 2 metros de entrefila, cuya densidad de plantas es de 5000 plantas por hectárea, en tanto el sistema de conducción es en espaldera con poda Guyot bilateral. Todos los cuadros tienen 15 años de edad, poseen riego por goteo cada 1 metro y recibieron el mismo tratamiento fitosanitario, así como poda y manejos en verde.

### 3.3. Estrategia de Investigación

#### 3.3.1. Diseño experimental

Se trata de un ensayo de observación multisitio, que comprende 6 parcelas en distintas condiciones de altitud (tabla 1). Se tomaron 7 plantas de 3 filas de cada uno de los cuadros. Para la evaluación del comportamiento agronómico, cada planta representa una unidad experimental, totalizando 126 plantas. El potencial enológico se determinó mediante muestreo de uvas, siendo cada muestra una unidad experimental.

### 3.4. Análisis Macro y Mesoclimáticos

#### 3.4.1. Análisis Macroclimático

Para el análisis macroclimático se obtuvieron los datos de la estación meteorológica del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, comunicación personal, mayo, 2024) en Rocha, a partir de los cuales se calculó la temperatura media, el Índice Heliotérmico de Huglin (Huglin, 1978), Grados Día Base 10 (Amerine & Winkler, 1944) y las precipitaciones para el ciclo vegetativo de esta zafra, desde el 1 de setiembre de 2023 hasta la cosecha, el 19 de febrero de 2024.

#### 3.4.2. Análisis Mesoclimático mediante índices bioclimáticos

Para la evaluación meso climática se registró la temperatura con sensores Tiny Tag (Gemini Data Loggers Ltd., UK) colocados sobre el poste de la espaldera en cada una de las parcelas (Figura 5). Los sensores registran la temperatura cada una hora desde el 1 de setiembre del 2023 hasta la cosecha. Los datos fueron utilizados para establecer el efecto de la topografía en el mesoclima, medido con índices bioclimáticos, así como la temperatura media y los grados día para cada una de las parcelas.

**Figura 5**  
Sensor de temperatura Tiny Tag



Los índices calculados fueron Grados Día (Amerine & Winkler, 1944), Índice Heliotérmico (Huglin, 1978) e Índice de Frescor Nocturno (Tonietto, 1999), tomando como cero fisiológico para la vid los 10°C.

Grados Día:

Corresponde a la sumatoria de las temperaturas medias diarias menos el cero fisiológico de la vid, a lo largo del ciclo.

$$GD = \sum (\text{Temperatura media diaria} - 10)$$

Índice Heliotérmico:

Es una sumatoria que relaciona las temperaturas máximas y medias diarias con el cero fisiológico, y una constante (k) que corresponde a la duración del día, y tiene valor 1 para Uruguay.

$$IH = \sum ((\text{Temp. med. diaria} - 10 + (\text{Temp. máx. diaria} - 10)) / 2 \cdot k)$$

### Índice de Frescor Nocturno:

Valoriza las temperaturas mínimas de la noche mediante un promedio de temperaturas nocturnas durante el mes previo a la cosecha. Para este estudio se tomó el intervalo 19/1/24-19/2/24.

## **3.5. Variables para la Evaluación del Comportamiento Agronómico de Albariño**

### **3.5.1. Componentes de Rendimiento**

#### **3.5.1.1. Fertilidad de Yemas**

Para evaluar la fertilidad de yemas se registró el número de yemas brotadas y número de inflorescencias según posición del brote, al momento de floración.

#### **3.5.1.2. Número de Racimos por Planta y Rendimiento**

La cosecha se realizó cuando se determinó por el viticultor que se había alcanzado la madurez tecnológica. Allí se contabilizó el número de racimos por planta y el peso de la cosecha, calculando el rendimiento en kg/planta y kg/ha y el peso promedio de racimo.

#### **3.5.1.3. Racimos con Podredumbre**

En cosecha se contabilizó el número de racimos con síntomas visibles de podredumbre y se pesaron para calcular el peso enfermo por planta.

#### **3.5.1.4. Composición Física de la Baya**

Durante el proceso de maduración, desde el 23 de enero hasta la cosecha, se registró semanalmente la evolución del tamaño de los compuestos de la baya. Se muestrearon 50 bayas y se pesaron en una balanza OHAUS Scout pro SP601 (EEUU). Posteriormente se separó manualmente cada muestra y se obtuvo el peso de pulpa, peso de hollejo, peso de semillas y número de semillas, determinando el porcentaje de cada componente, así como los gramos de hollejo por baya y la relación hollejo/pulpa.

### **3.5.2. Crecimiento Vegetativo**

#### **3.5.2.1. Superficie Foliar**

La estimación de la superficie foliar expuesta potencial se realizó según Carbonneau (1995). Para ello se seleccionaron 3 plantas representativas por parcela y se tomaron fotografías de las mismas utilizando un fondo blanco, para poder estimar el porcentaje de porosidad. También se tomó la altura y el ancho de la canopia, así como la distancia entre filas, de esta manera se obtuvo la SFEp (m<sup>2</sup>/hectárea) para cada una de las parcelas.

### 3.5.2.2. Equilibrio de la Planta

Al momento de la poda, en junio de 2024, se contabilizó el número de sarmientos por planta y el peso de poda de la madera del año. Con estos datos se calculó el índice de Ravaz (IR), que relaciona la producción de madera del año y el rendimiento por planta.

También se calculó la relación entre la superficie foliar expuesta potencial y la producción de uva (SFEp/REND) (kg/m<sup>2</sup>), para determinar si la superficie foliar es óptima para la correcta maduración de los frutos.

## 3.6. Variables para la Evaluación del Potencial Enológico

### 3.6.1. Composición Primaria de la Uva

Después de envero se tomaron muestras semanalmente para evaluar la evolución de la composición primaria de la uva hasta la cosecha. Las muestras estaban compuestas por 50 bayas tomadas de a grupos de no más de 5 de distintos racimos, sobre la cara expuesta de los mismos. Luego se separó cada baya de los restos de raquis y se procesaron en una juguera (Philips HR-1858) para obtener el mosto a analizar. Los análisis realizados fueron acidez total (g/l), sólidos solubles, pH, ácido málico, ácido tartárico, y Alpha amino nitrógeno ( $\alpha$ AN) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) con Oenofoss™ (Foss, EE. UU.).

### 3.6.2. Composición Secundaria de la Uva

La determinación del potencial fenólico se realizó con muestras semanales de 250 bayas de distintas partes del racimo. Las mismas fueron congeladas durante aproximadamente 3 meses, y posteriormente procesadas en una licuadora y coladas para extraer la fracción líquida del mosto. La extracción se realizó a pH 3,2, y se utilizó una dilución 1:100, de acuerdo a lo propuesto por Glories y Augustin (1993) adaptado por González Neves (2005) y Ribéreau-Gayon (1970). Posteriormente se determinó el potencial fenólico mediante espectrofotometría (Thermo Scientific, Genesys 150).

### 3.6.3. Microvinificación

Luego de la cosecha la uva se trasladó a bodega experimental de Facultad de Agronomía (Udelar) y se conservó 12 horas en cámara de frío. Posteriormente se realizó el despalillado, molido, filtrado y prensado suave del orujo restante. Posteriormente se realizó un desfangado por frío y la inoculación con levaduras.

Se vinificaron en conjunto las uvas de las tres parcelas más altas y por otra parte las tres más bajas, con tres repeticiones por grupo (parcelas altas: A1, A2, A3; parcelas bajas: B1, B2, B3). El mosto se colocó en 6 bidones de 5 litros a los cuales se les agregó 130 miligramos de metabisulfito por litro y se realizó la fermentación (Figura 6).

Previo al comienzo de la fermentación se tomaron muestras del mosto y se analizaron con Oenofoss, obteniendo valores de pH, grados Brix, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, ácido glucónico, amoníaco y Nitrógeno Alpha amino (Nitrógeno fácilmente asimilable, NFA).

El seguimiento de la fermentación fue diario, registrando temperatura y densidad mediante un densímetro (Alla France™, 2001FC-10/20) hasta constatar el fin de la misma.

**Figura 6**  
*Proceso de fermentación durante la microvinificación*



#### **3.6.4. Análisis del Vino**

Una vez vinificado se evaluó la composición del vino, mediante el uso de Oenofoss, determinando los contenidos de, ácido málico, etanol, acidez total, pH, acidez volátil e índice de polifenoles totales, éste último mediante espectrofotometría.

#### **3.7. Análisis Estadístico**

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza y comparación de medias a través de Test de Tukey  $p \leq 0,05$  para establecer diferencias entre las medias de cada uno de los sitios. El programa utilizado fue RStudio.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización Climática

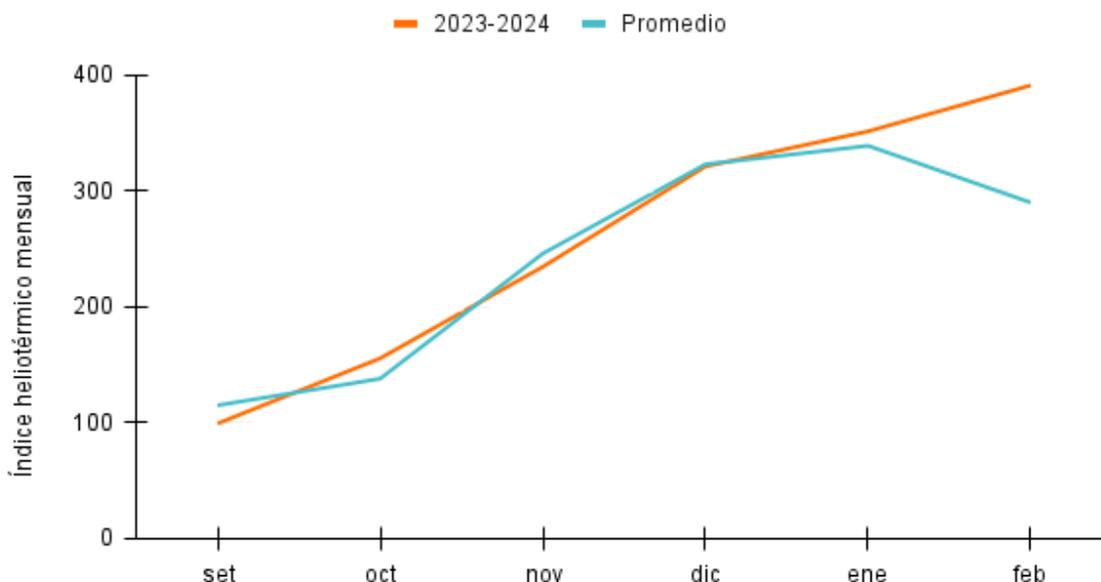
#### 4.1.1. Caracterización Macroclimática de la Zona Este

La serie de datos climáticos de la estación de INUMET en el departamento de Rocha mostró que el índice heliotérmico promedio fue de 1451, con un desvío de 480. Este valor corresponde según la Clasificación Climática Multicriterio a IH-3, muy frío, con años cuyo índice corresponde IH-2, frío. Durante la zafra 2023-2024 se registró un Índice heliotérmico de 1553, correspondiente a la clasificación IH-2, frío. Ese año mostró un aporte mayor en el mes de febrero, en contraposición con el promedio histórico (Figura 7) que representa un mes previo a la cosecha más caluroso. Las categorías IH-2 e IH-3 son inferiores (más frescas) que las reportadas por Ferrer (2007), aunque la diferencia está probablemente explicada por que la escala de la zonificación anteriormente mencionada es mayor.

La temperatura media diaria osciló entre los 7,3 °C en el comienzo del ciclo a los 29°C el 12 de febrero, mostrando una tendencia creciente, aunque muy variable. Durante la etapa de maduración la misma es generalmente superior a los 20 grados, en tanto durante la floración casi no se supera este umbral. Estos registros se encuentran dentro de lo señalado como óptimo para estas etapas fenológicas según Martínez de Toda (1991) (Figura 8).

#### Figura 7

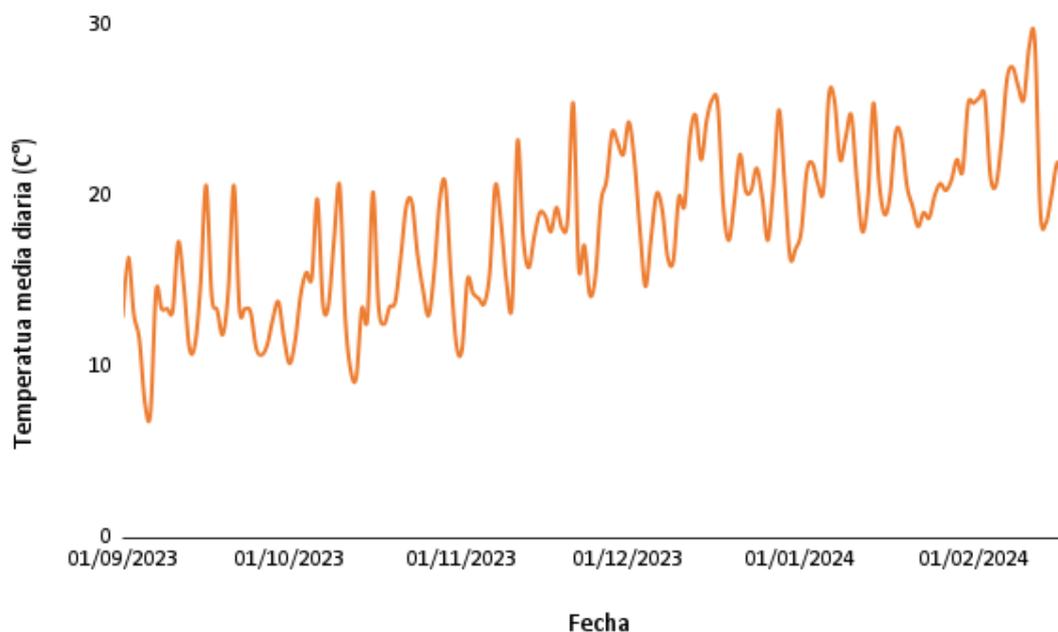
Acumulación mensual heliotérmica para el ciclo 2023-2024 y el promedio histórico



*Nota.* Datos de la estación meteorológica en Rocha (INUMET, comunicación personal, mayo, 2024).

**Figura 8**

*Evolución de la temperatura media diaria para el ciclo 2023-2024*



*Nota.* Datos de la estación meteorológica en Rocha (INUMET, comunicación personal, mayo, 2024).

Desde el 1 de setiembre hasta la cosecha se contabilizó un total de 1427 grados día, cuya distribución entre fases fenológicas se presenta en la siguiente tabla (Tabla 2). Pese a estar catalogada por los índices bioclimáticos como una zona fresca, la acumulación de grados día fue superior a los requerimientos para la especie, y similares a los requerimientos para otras variedades blancas, según lo reportado por Villaseca et al. (1986).

**Tabla 2**

*Grados día acumulados por etapa fenológica*

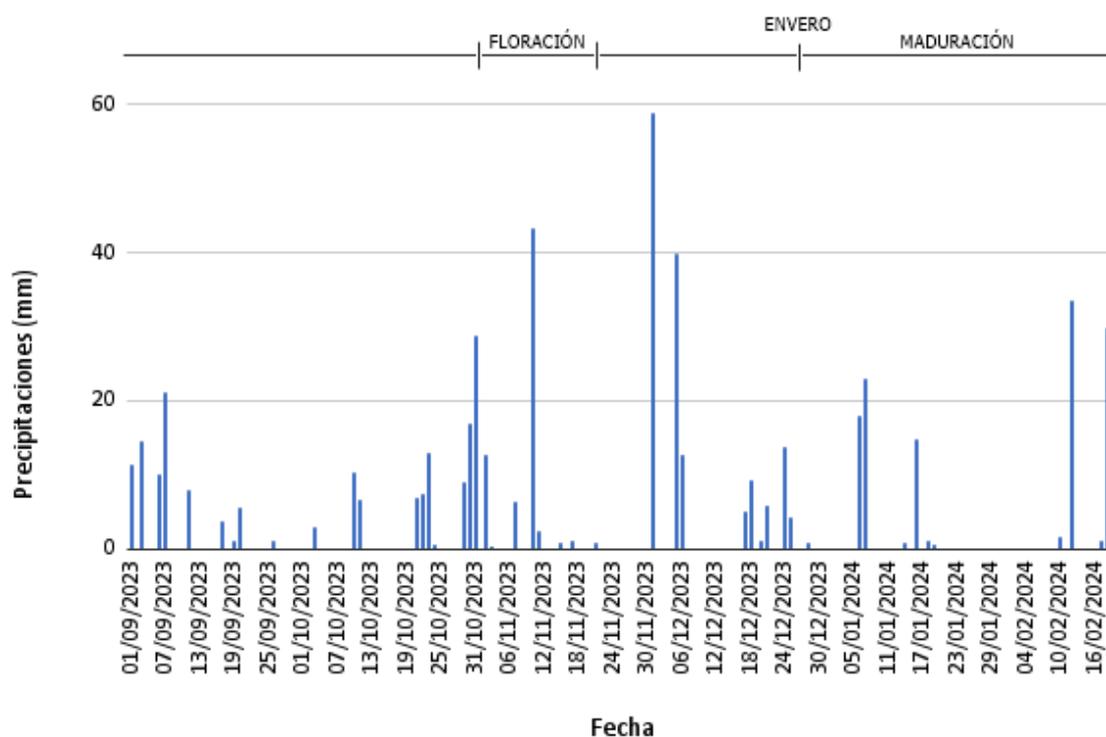
Etapa fenológica	Grados día en base 10
Brotación a inicio de floración	278
Floración	134
Fin de floración a envero	397
Envero a cosecha	615
Total del ciclo	1427

En relación a las precipitaciones, las mismas tuvieron un acumulado total durante el ciclo 2023-2024 de 528 mm, que se distribuyeron en 194 mm desde brotación a floración, 55 mm durante la floración, 151 mm desde floración a envero y 128 mm desde envero a cosecha (Figura 9). Los datos presentados por Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) señalan un promedio de 584 mm durante el ciclo para

esa región, sin embargo hay una fuerte variabilidad interanual, con años cuyo acumulado del ciclo es de 214 (2022-2023), en tanto en otros es superior a 900 mm (2018-2019). Durante el ciclo 2023-2024 existió un superávit hídrico en todas las etapas fenológicas, según los requerimientos establecidos por Pérez-Gregorio et al. (2012). Esto indica que no habría una reducción del rendimiento por falta de cuajado, abscisión de bayas o disminución del tamaño de las mismas a causa de un déficit hídrico. Los días con precipitaciones durante el ciclo fueron 45, ligeramente por debajo de la media de la región, que es de 55,2 días (Fourment, Tachini, Bonnardot et al., 2024). Al tratarse de suelos livianos y pedregosos con pendientes pronunciadas de rápido escurrimiento, los días con precipitaciones cobran más importancia que el acumulado a la hora de evaluar la disponibilidad hídrica. El promedio de lluvia acumulada durante la maduración es de 191 (Fourment, Tachini, Bonnardot et al., 2024), superior al registrado en el 2024, por lo tanto es esperable que las precipitaciones durante dicha etapa fenológica no hayan causado la dilución de los compuestos de la baya ni afectado en demasía la sanidad de las mismas.

**Figura 9**

*Registro de precipitaciones durante el ciclo 2023-2024*



#### 4.1.2. Caracterización Meso Climática de las Parcelas

El análisis meso-climático de las parcelas mostró un promedio de temperaturas máximas de 23,92 °C, en tanto el promedio de temperaturas mínimas fue de 12,78 °C. Si bien no hay diferencias estadísticamente significativas para estas variables, las temperaturas máximas decrecen al aumentar la altura de la parcela, probablemente explicado por la exposición a la brisa marina, en tanto las mínimas son más bajas en aquellas parcelas de menor altitud, 1L, 2L, y 3L (Tabla 3). Dicho fenómeno puede

observarse en la Figura 10, donde estas parcelas (colores rosados, amarillos y violetas) registran las mínimas más bajas. Esto estaría explicado por la dinámica de las masas de aire frío (Bonnardot et al., 2012, Quénoel et al., 2007).

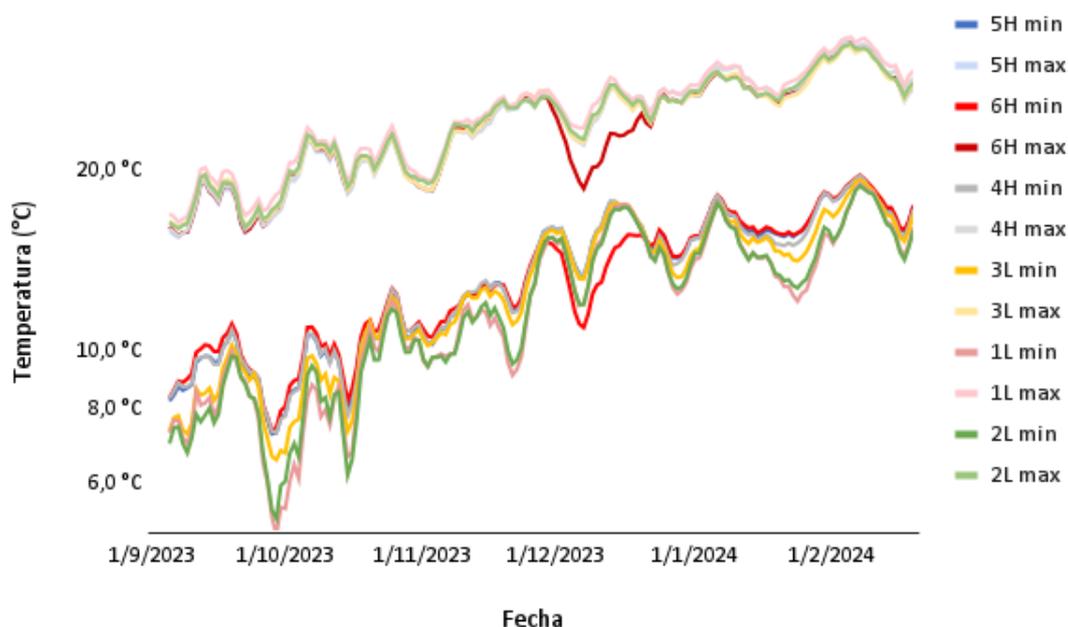
**Tabla 3**

*Promedio de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y amplitud térmica*

Parcela	Promedio T. máximas	Promedio T. mínimas	Amplitud térmica promedio
1L	24.66 a	12.04 a	12,6 a
2L	23.98 a	12.06 a	11,9 a
3L	23.81 a	12.79 a	11,0 a
4H	23.98 a	13.27 a	10,3 a
5H	23.69 a	13.31 a	10,4 a
6H	23.46 a	13.20 a	10,7
Media general	23.93	12.78	11
Desvío estándar	5.77	4.53	0,82

**Figura 10**

*Evolución de las temperaturas máximas y mínimas para cada parcela durante el ciclo 2023-2024*



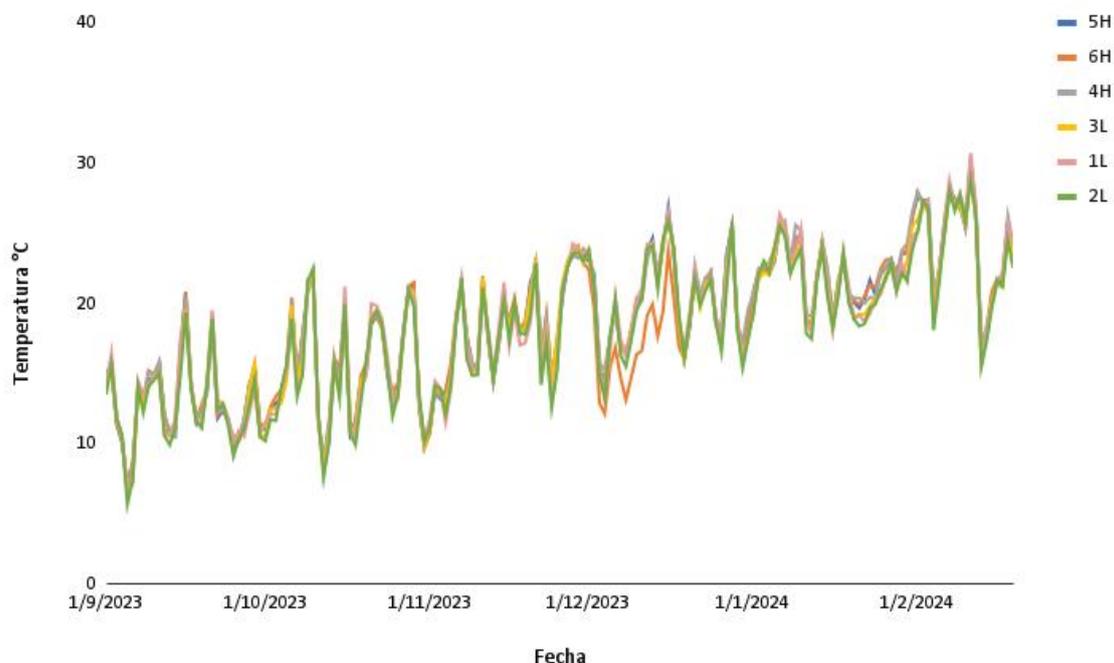
Las parcelas tuvieron mayores diferencias entre sí en las temperaturas mínimas en comparación con las máximas, explicado por el efecto de la topografía en el movimiento de las masas de aire frío. La temperatura máxima absoluta del viñedo fue de 39°C, en tanto la mínima fue de -0,2°C, reportadas en febrero y septiembre

respectivamente. Ambos eventos extremos ocurrieron en la parcela 1L, que junto con las otras dos parcelas de menor altitud (2L y 3L) mostró una mayor amplitud térmica promedio (Tabla 4). Esto concuerda con lo reportado por Fourment et al. (2022) y Tachini et al. (2023) respecto al efecto de la topografía en la amplitud térmica. En el viñedo la amplitud térmica osciló entre los 10.3°C y 12.6°C, siendo la parcela 4H la que obtuvo el menor registro. La amplitud térmica es beneficiosa particularmente en la etapa de maduración ya que genera vinos afrutados, sin embargo temperaturas por encima de las 35°C se encuentran por fuera del rango óptimo para el desarrollo de la planta (Keller, 2015; Martínez de Toda, 2019).

Las temperaturas medias fueron similares para todas las parcelas, y aumentan a lo largo del ciclo y tienden a estabilizarse en febrero. Las mismas se encuentran entre los 5 y los 32 °C, lo cual está dentro de los límites establecidos para la sobrevivencia de la planta (Figura 11). Durante el periodo de brotación, las temperaturas se encontraron en torno a los 13° C, en tanto en floración, sobre el 13 de noviembre, se registran promedios entre 15 y 23 grados. Desde floración a envero se encontró cercano a los 20 °C y en envero en torno a los 23 °C. Las temperaturas de brotación y floración estuvieron ligeramente por encima de lo establecido como óptimo por Martínez de Toda (1991), pero no fueron extremas, en tanto las de envero y maduración concuerdan con lo dicho por el autor.

### Figura 11

*Evolución de las temperaturas medias para cada parcela durante el ciclo 2023-2024*



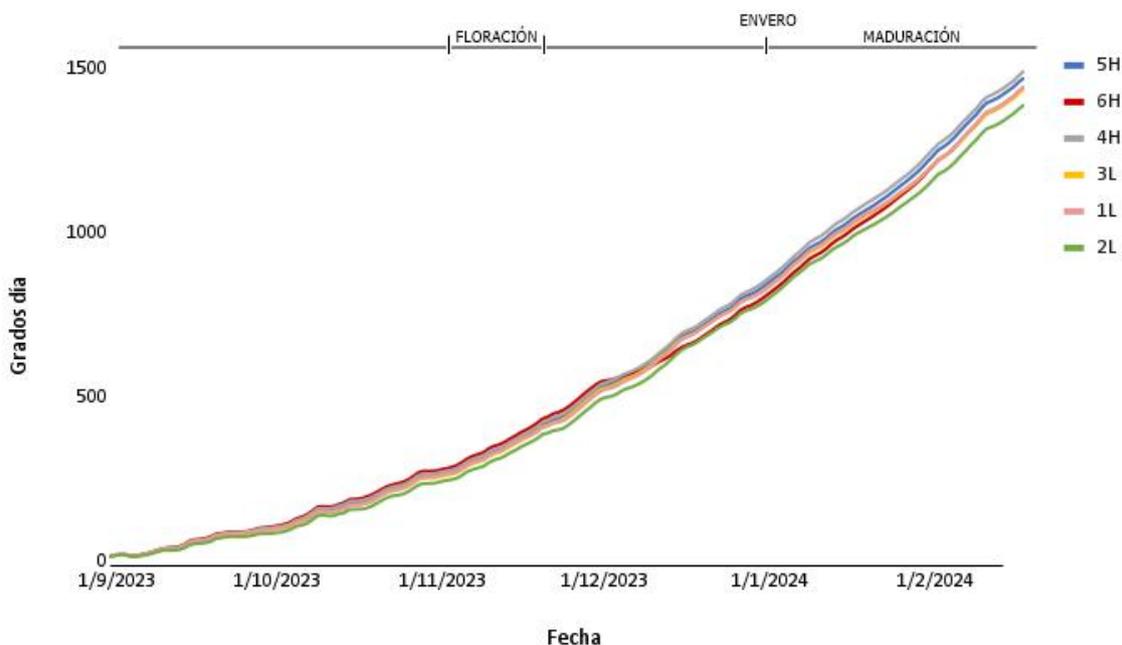
Respecto a la acumulación de grados día por fenofase en cada parcela, varió ligeramente entre las mismas (Figura 12), y el registro máximo se obtuvo en la parcela 4H, totalizando 1483 GD, en tanto el más bajo ocurrió en la parcela 2L con 1380 GD (Tabla 4). Esta última tuvo la menor acumulación de grados día en cada etapa fenológica. A excepción de la parcela 6H, se observa que la acumulación total de

grados día es menor en las parcelas más bajas (1L, 2L y 3L) y mayor en las más altas, probablemente explicado por una mayor incidencia de la radiación solar y el efecto de la topografía en las temperaturas. La acumulación de grados día no mostró una correlación con el índice heliotérmico.

**Tabla 4**  
*Índices bioclimáticos para cada parcela*

Parcela	Índice Heliotérmico	Grados día	Índice de frescor nocturno °C
1L	1979	1436.6	15.4
2L	1892	1380.1	18.0
3L	1902	1428.6	18.8
4H	1943	1483.3	19.2
5H	1908	1462.5	17.3
6H	1873	1432.7	17.4
Media general	1916	1437.2	17.7
Desvío estándar	38.31	34.99	1.4

**Figura 12**  
*Acumulación de Grados día para cada parcela durante el ciclo 2023-2024*



El índice de frescor nocturno más bajo se obtuvo en la parcela más baja (1L), sin embargo, dos de los valores más altos ocurrieron también en zonas bajas, por lo tanto no hay una tendencia clara. El mínimo registro fue de 15.5 °C y el máximo de 19.2°C,

lo cual marca una diferencia relativamente importante entre las parcelas, tal como señalan Bonnardot et al. (2012).

## 4.2. Comportamiento Agronómico

### 4.2.1. Desarrollo Vegetativo y Equilibrio de la Planta

El promedio de superficie foliar expuesta potencial fue de  $7886 \pm 1253$  m<sup>2</sup>/ha. Se establecieron diferencias estadísticamente significativas en relación a esta variable, siendo la parcela 1L con 6331 m<sup>2</sup>/ha la que obtuvo el menor registro, en tanto la 3L la que alcanzó el valor superior. Todas las parcelas se ubicaron por encima de la media de SFEP señalada por Ferrer et al. (2008) para espalderas de Merlot, que es de 5000 m<sup>2</sup>/ha, por lo tanto se trata de plantas más vigorosas. Se establecieron diferencias significativas en relación al ancho de las filas y no así en el alto, siendo el primer factor el que está explicando las diferencias en la SFEP (Tabla 5).

Uno de los índices mediante el cual es posible medir el equilibrio fisiológico de la planta es la relación entre la superficie foliar y el rendimiento, cuyos valores oscilaron entre 0,50 y 1,39 m<sup>2</sup> SFEP/kg uva, y estuvieron dentro del óptimo establecido por diversos autores, que ronda los 0,4 m<sup>2</sup>/kg a 1,5 m<sup>2</sup>/kg (Verdenal et al., 2017).

**Tabla 5**

*Porosidad, Superficie foliar expuesta potencial, peso de poda por planta e Índice de Ravaz*

Parcela	Porosidad (%)	SFEP (m <sup>2</sup> /ha)	m <sup>2</sup> SFEP/kg uva	Peso de poda (g)	IR
1L	9 a	6331,5 b	0,68	765,8 abc	2,7 bcd
2L	7,3 a	7243,5 ab	0,58	598,3 c	5,1 ab
3L	3,3 a	9205,2 a	1,39	1093,6 a	1,2 d
4H	4 a	8869,9 a	0,55	760,4 abc	4,5 abc
5H	2,7 a	8361,2 ab	0,50	690,4 bc	6 a
6H	3,3 a	7307,3 ab	0,77	948,1 ab	2 cd
Media general	5,1	7886	0,75	804	3,6
Desvío estándar	3,7	1253	0,33	344	2,9

*Nota.* SFEP: Superficie foliar expuesta potencial. IR: Índice de Ravaz.

En relación al peso de poda, el promedio fue de  $804 \pm 344$  gramos, inferior a los 1,34 kg reportados por Santiago, Gago et al. (2007) para la variedad. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas de peso de poda entre las parcelas, siendo la 3L fue la que obtuvo el mayor registro, en tanto el menor estuvo en la parcela 2L, al igual que lo ocurrido con la SFEP. Asimismo, la parcela 2L, que tuvo el peso de poda más bajo, es de las que obtuvo un mayor un número de racimos por planta y mayor peso de racimo, lo cual indica un mejor desempeño reproductivo en detrimento del vegetativo, probablemente explicado por una mejor captación de luz al momento de la inducción y una mejor partición de fotoasimilados. El caso contrario es el de la parcela 3L, que obtuvo rendimientos bajos y una gran expresión vegetativa, que resulta en una

superficie foliar y un peso de poda mayor. La relación inversa entre el vigor vegetativo (medido como superficie foliar y largo de los brotes) y el número de racimos por planta fue señalado por Edson et al. (1995). Keller (2007) atribuye esta relación a que la presencia del fruto aumenta la tasa de asimilación neta e induce cambios en la partición de asimilados favoreciendo el desarrollo de los frutos, más aún cuando los mismos son grandes o numerosos, o en condiciones de déficit hídrico.

El equilibrio entre los dos componentes de la planta se ve reflejado en el índice de Ravaz, que muestra un promedio de 3,6, muy similar al obtenido por Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) cuyo promedio obtenido para esta variedad durante cinco temporadas fue de 3,7. Las parcelas 2L y 5H las únicas dentro de los límites establecidos como óptimos, entre 5 y 10. Las parcelas con IR < 5 indican un exceso de expresión vegetativa. La misma tendencia se observa en el indicador SFEP/producción.

No se establecieron diferencias significativas en relación al porcentaje de porosidad de la canopia, que en ninguna de las parcelas superó el 10%, y se ubicó en torno a una media de 5,1%. Pese a este resultado, la heterogeneidad de las canopias en relación a su densidad era visible a simple vista e incidió en las diferencias halladas en la SFEP (Figura 13, Figura 14). El porcentaje de porosidad puede ser utilizado como predictor de enfermedades como Mildiu y Botrytis por estar relacionado a la ventilación y el microclima dentro de la canopia, sin embargo no se registraron racimos con podredumbre, aún en las parcelas cuya canopia favorecía un microclima húmedo (Sánchez-de-Miguel et al., 2010).

### Figura 13

*Canopia con porosidad media y racimos ligeramente expuestos*



**Figura 14**

*Planta con alto vigor vegetativo y bajo porcentaje de porosidad de la canopia*



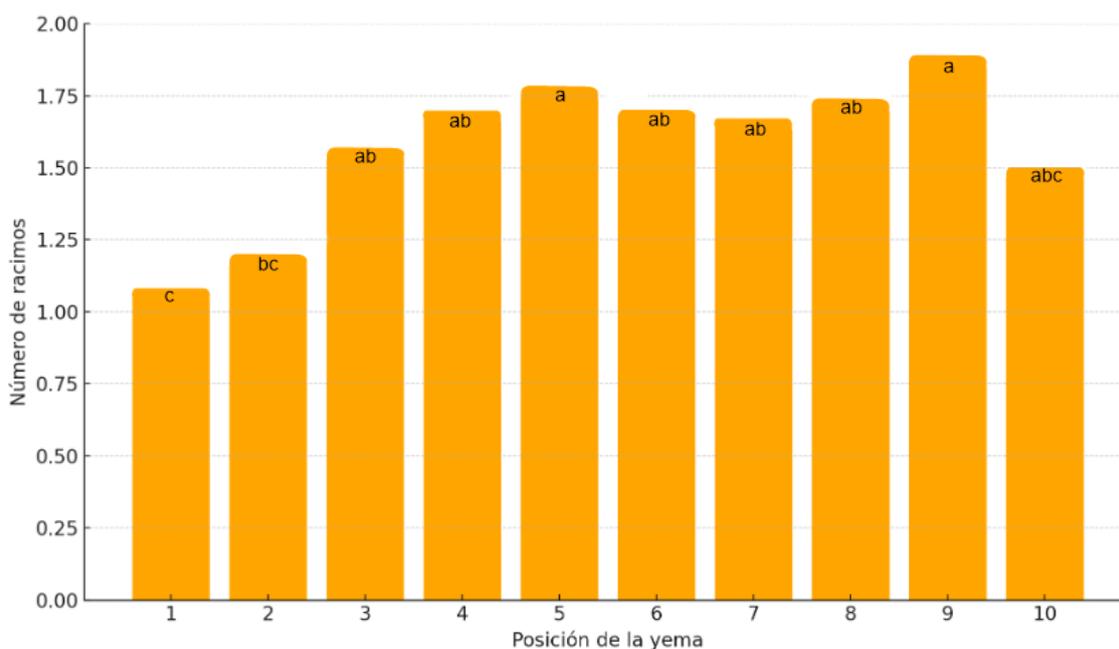
#### **4.2.2. Componentes del Rendimiento**

Se registró un promedio de 11.85 brotes por planta, y un promedio de 1.53 racimos por brote, sin diferencias estadísticamente significativas entre las parcelas para estas dos variables, lo cual es esperable ya que la primera variable depende del tipo de poda, en tanto el número de racimos por brote y fundamentalmente la distribución de los mismos es una característica varietal (Tabla 6).

Se encontraron diferencias significativas en relación al número de racimos según posición del brote, siendo los dos primeros los menos fértiles, y luego con una tendencia relativamente estable a partir del cuarto brote, casi alcanzando un promedio de 2 racimos en la novena yema, lo cual denota la necesidad de dejar una alta cantidad de yemas en el cargador al momento de la poda tal como sugieren Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) (Figura 15). Estos resultados son similares a los obtenidos por Tachini (2021). La media general de  $1,52 \pm 0,92$  racimos por brote no alcanzaron la reportada por Santiago, Gago et al. (2007).

**Tabla 6***Promedio de número de brotes y racimos por brote de cada parcela*

Parcela	Promedio de brotes	Promedio racimos por brote
1L	11.4 ± 2.6 a	1.7 ± 0.5 a
2L	11.5 ± 3.6 a	1.9 ± 0.3 a
3L	11.1 ± 1.5 a	1.5 ± 0.4 a
4H	12.5 ± 1.6 a	1.5 ± 0.3 a
5H	13.0 ± 2.4 a	1.6 ± 0.3 a
6H	11.6 ± 3.3 a	1.2 ± 0.3 a
Media general	11.85	1.53
Desvío estándar	2.63	0.39

**Figura 15***Número de racimos según posición del brote*

#### 4.2.3. Rendimiento

Se establecieron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables relacionadas al rendimiento al momento de la cosecha; rendimiento por planta, número de racimos por planta, y peso de racimo (Tabla 7).

El rendimiento promedio fue  $2339 \pm 1210$  g/planta, por debajo de lo reportado por Santiago, Gago et al. (2007) para España y Portugal, aunque esto probablemente esté explicado por los distintos sistemas de conducción utilizados. Si se contrasta con datos nacionales, los resultados se ubicaron ligeramente por encima de la media para

Uruguay, reportada por INAVI (2024), y la reportada por Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) en la costa atlántica. Los mayores registros se obtuvieron en las parcelas 4H y 5H, en tanto el más bajo fue en la 3L.

En relación al número de racimos por planta, el promedio fue  $21 \pm 8,3$ , y las parcelas 4H y 5H fueron las que alcanzaron valores superiores.

El peso promedio del racimo en gramos fue de  $108,3 \pm 33$  gramos, casi la mitad de lo señalado por Santiago, Gago et al. (2007), y se destacan nuevamente las parcelas 4H y 5H.

El rendimiento en g/planta y peso de racimo fue superior a lo reportado por Tachini (2021) en la zona, lo cual muestra una variación interanual.

Los rendimientos superiores en las parcelas N-S y NO-SE también fueron reportados por Hunter et al. (2017) y Tachini (2021), y están probablemente asociados a una mejor insolación de la planta, aumentando la fertilidad de las yemas.

**Tabla 7**

*Promedio de rendimiento, racimos por planta y peso promedio de racimo*

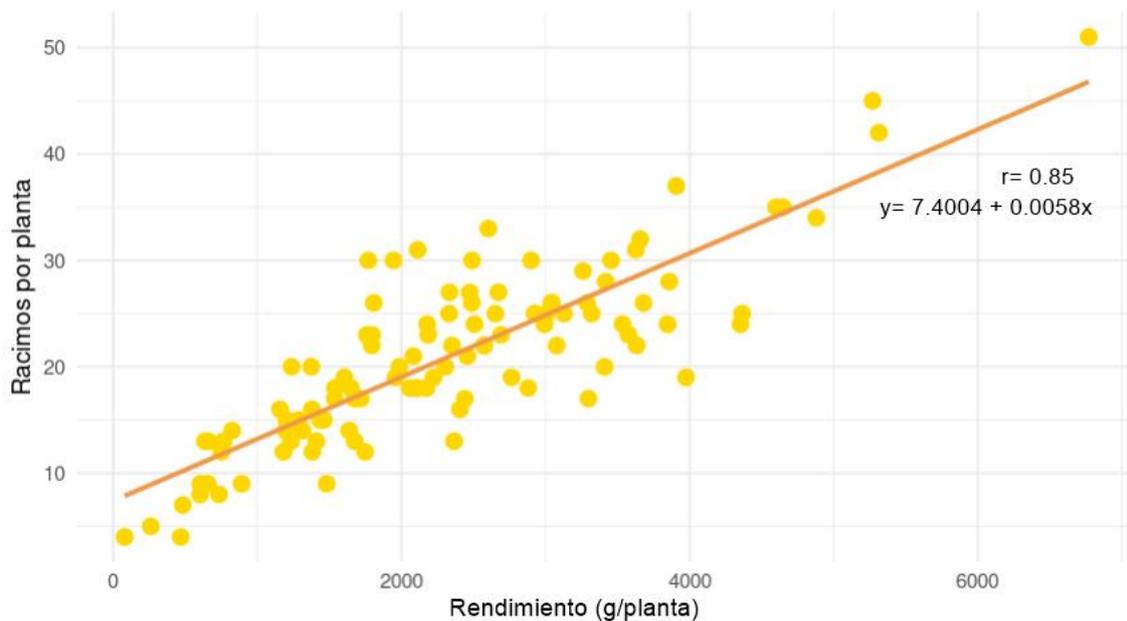
Parcela	Rendimiento (kg/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Racimos por planta	Peso de racimo (g)
1L	1,86 bc	9320	21,4 ab	87,0 c
2L	2,49 ab	12480	21,3 ab	117,0 ab
3L	1,32 c	6638	15,7 b	84,0 c
4H	3,25 a	16260	24,5 a	133,7 a
5H	3,35 a	16750	25,1 a	132,6 a
6H	1,90 bc	9525	18,7 ab	100,5 bc
Media general	2,33	11828	21	108,3
Desvío estándar	1,2	3715	8,3	33,4

La correlación medida por el método Pearson muestra un  $r=0,85$  entre el rendimiento y el número de racimos y  $r=0,67$  entre rendimiento y peso de racimo, dando pauta de que el rendimiento está estrechamente relacionado con el número de racimos, razón por la cual se recomienda realizar una poda larga, en función de los datos obtenidos respecto a la fertilidad de las yemas (Figura 16, Figura 17).

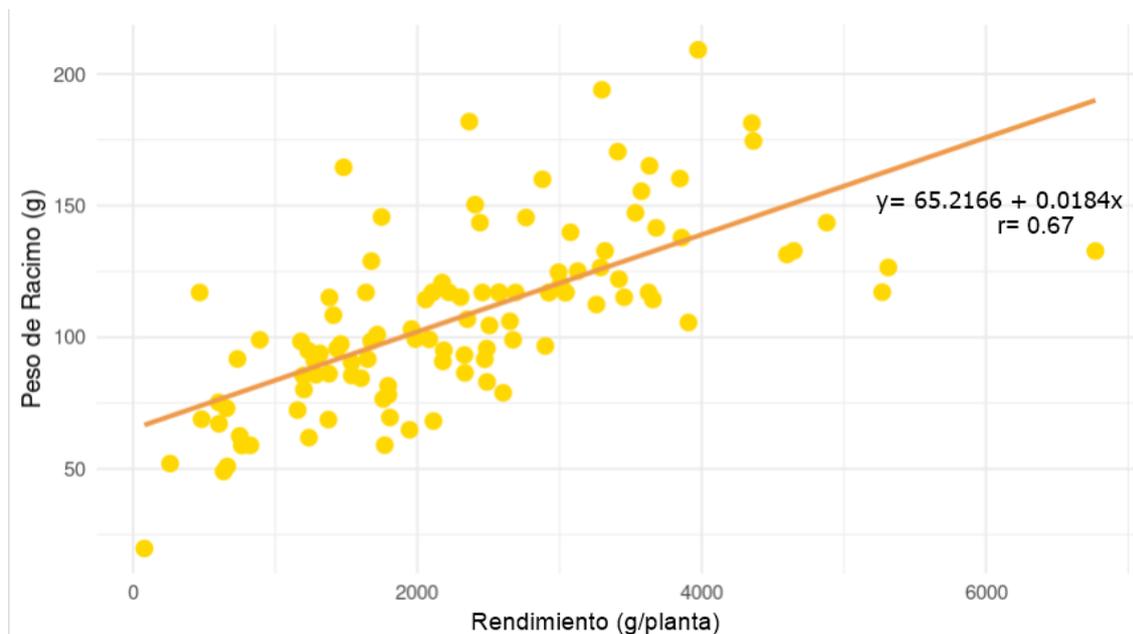
No se encontraron racimos con síntomas de enfermedad en ninguna de las parcelas, por lo tanto, todo lo cosechado fue catalogado como 'peso sano'. La podredumbre de racimos a causa de la infección de Botrytis es una enfermedad frecuente en las condiciones de Uruguay, sin embargo, estos datos indican una baja susceptibilidad de la variedad a pesar de las condiciones ambientales de humedad, el alto vigor de las plantas y la densidad de hojas.

**Figura 16**

*Relación entre el número de racimos por planta y el rendimiento*

**Figura 17**

*Relación entre el peso de racimo y el rendimiento*



#### 4.2.4. Composición Física de la Baya

La evolución del peso de bayas mostraron la segunda mitad de la curva doble sigmoide, característica del crecimiento de la baya (Figura 18). No hubo diferencia significativa en el peso final de bayas, y el peso de 50 bayas osciló entre 59,1 gramos (parcela 4H) y 72 gramos (parcela 3L), con una media general de 63,8 gramos (1,28 gramos/baya), similar a lo reportado por Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024).

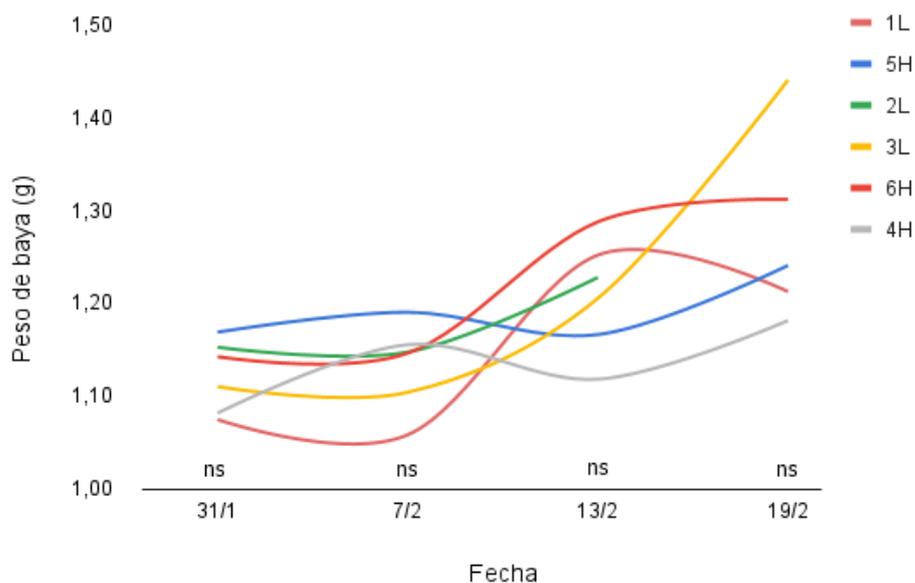
El número de semillas por baya fue similar a 1,87, valor reportado por Santiago, Gago et al. (2007) para la variedad (Tabla 8). La parcela 1L fue la que obtuvo un mayor número de semillas por baya. La relación positiva entre el número de semillas y el tamaño final de la baya, señalado por Ristic e Iland (2005) y Friend et al. (2009) no pudo ser determinado, ya que si bien las parcelas 1L y 5H obtuvieron un mayor número de semillas, esto no se tradujo en bayas más grandes (Figura 18).

La evolución del peso de los hollejos obtuvo diferencias significativas únicamente en la segunda fecha de muestreo. En todas las parcelas el peso de hollejos mostró una disminución durante la maduración que marca el afinamiento de los mismos. Las parcelas con bayas grandes pero con menor peso de hollejo, como la 3L, podrían ser más susceptibles a la rotura de bayas y por tanto a infección por *Botrytis* (Figura 19, Figura 20).

La relación hollejo/pulpa mostró diferencias significativas entre parcelas. Esta relación es un factor de importancia a nivel enológico ya que marca el aporte relativo de compuestos predominantes en el hollejo, como pigmentos, aromas y fenoles y la extractabilidad de los mismos en caso de los vinos blancos macerados o 'vinos naranjas' (Tabla 8).

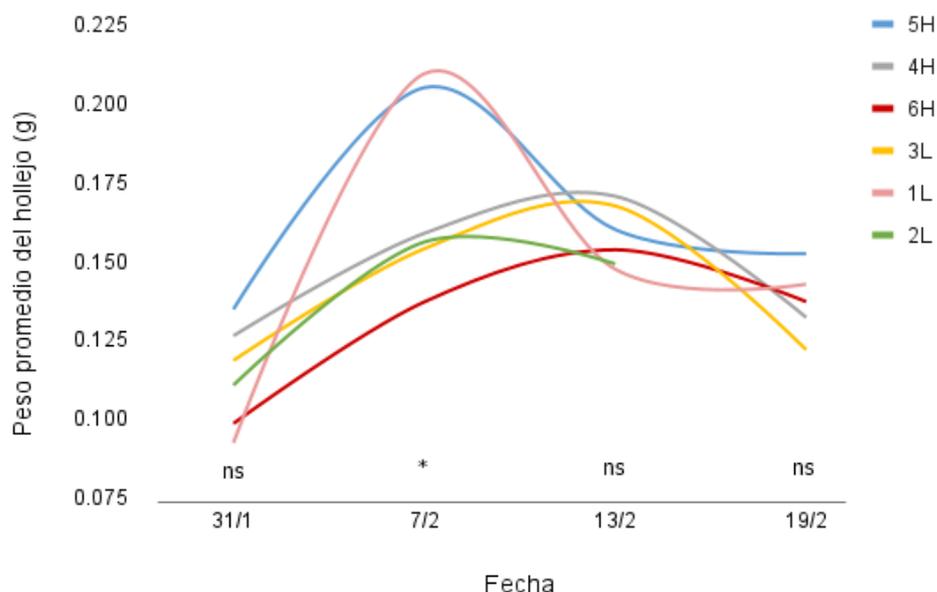
### Figura 18

*Evolución del peso de baya durante la maduración*



Nota. '\*\*\*' p-value < 0.001; '\*\*' p-value < 0.01; '\*' p-value < 0.05; 'ns' no significativo.

**Figura 19**  
Evolución del peso de hollejos durante la maduración



Nota. '\*\*\*\*' p-value < 0.001; '\*\*\*' p-value < 0.001; '\*' p-value < 0.05; 'ns' no significativo.

**Tabla 8**  
Peso de bayas y sus componentes. Semillas por baya, relación hollejo/pulpa y hollejo/baya

Cuadro	Peso de baya (g)	Semillas/ Baya	Hollejo (g)	Semilla (g)	Pulpa (g)	Rel. H/P	g hollejo/ baya
1L	1,21 a	2,4 a	0,14 a	0,030 b	0,99 b	0,14 a	0,1 a
2L	Sd	Sd	sd	Sd	Sd	sd	sd
3L	1,44 a	1,8 ab	0,12 a	0,035 ab	1,25 a	0,09 b	0,1 a
4H	1,18 a	1,7 b	0,13 a	0,034 ab	0,99 b	0,13 ab	0,1 a
5H	1,24 a	1,9 ab	0,15 a	0,030 ab	1,03 ab	0,15 a	0,2 a
6H	1,31 a	1,7 b	0,14 a	0,035 a	1,11 ab	0,12 ab	0,1 a
Media general ± SD	1,28 ± 0,14	1,9 ± 0,7	1,14 ± 0,02	0,033 ± 0,00	1,07 ± 0,14	0,13 ± 0,02	0,1 ± 0,0

Nota. Rel. H/P: relación hollejo/pulpa

### 4.3. Variables Enológicas

#### 4.3.1. Composición Primaria de la Uva

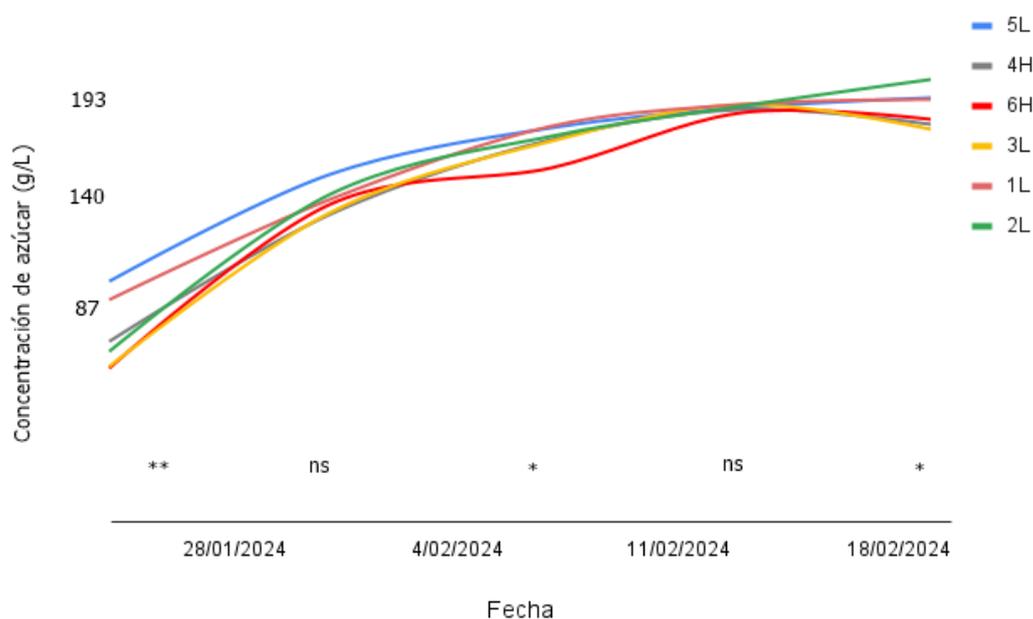
La evolución del contenido de azúcar presentó diferencias significativas en tres fechas de muestreo, y una tendencia similar en todas las parcelas aumentando durante la maduración, con un ligero descenso de la concentración en la última semana, que puede estar relacionada a un efecto de dilución debido a las precipitaciones que se registraron en dicho periodo (Figura 20).

El ácido málico mostró una tendencia contraria el contenido de azúcar, disminuyendo durante la maduración, aunque sin diferencias significativas, a excepción del momento de cosecha (Figura 21).

En relación al ácido tartárico, no se observaron diferencias significativas durante la maduración, aunque la dispersión de los registros entre parcelas tiende a disminuir conforme avanza el ciclo. Cholet et al. (2016) señalan que el perfil del ácido tartárico durante el crecimiento de bayas de Ugni Blanc muestra un incremento de los contenidos hasta el comienzo del envero, una disminución durante el envero y una estabilización durante la maduración hasta la cosecha. Esta tendencia puede asemejarse a la evolución de las parcelas 3L y 6H (Figura 22).

**Figura 20**

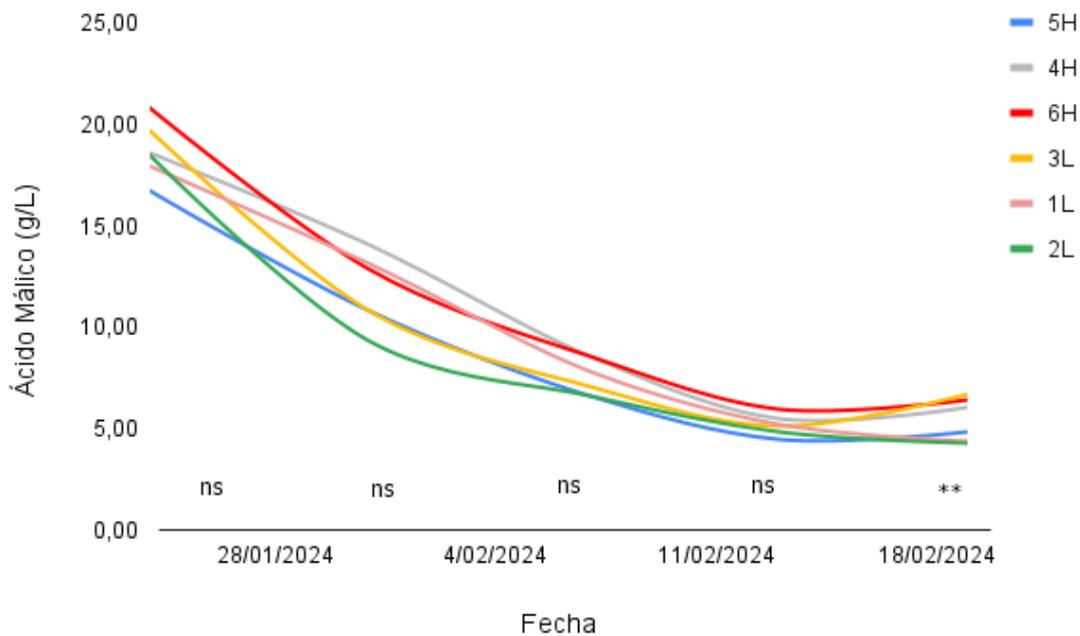
*Evolución del contenido de azúcar durante la maduración*



*Nota.* '\*\*\*\*' p-value < 0.001; '\*\*\*' p-value < 0.001; '\*' p-value < 0.05; 'ns' no significativo.

**Figura 21**

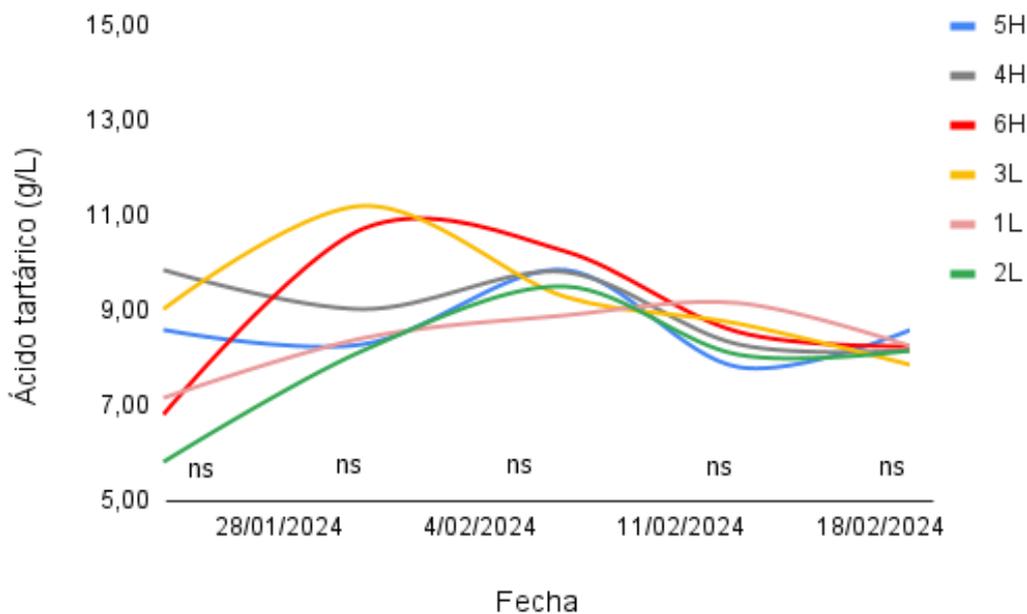
*Evolución del contenido de ácido málico durante la maduración*



*Nota.* '\*\*\*\*' p-value < 0.001; '\*\*\*' p-value < 0.001; '\*' p-value < 0.05; 'ns' no significativo.

**Figura 22**

*Evolución del contenido de ácido tartárico durante la maduración*



*Nota.* '\*\*\*\*' p-value < 0.001; '\*\*\*' p-value < 0.001; '\*' p-value < 0.05; 'ns' no significativo.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los contenidos de Alpha Amino Nitrógeno, ácido málico, acidez total y concentración de azúcar de los mostos obtenidos en cosecha (Tabla 9).

El promedio general de azúcar fue de 184 g/L (Tabla 9), aumentando durante la maduración y estabilizándose previo a la cosecha (Figura 20). Tal como señalan Suklje et al. (2012), aquellas parcelas con bayas más grandes, como la 3L (Figura 18), obtuvieron menores concentraciones de azúcar por el efecto de dilución; lo contrario sucede en parcelas con menor tamaño de baya, como la 1L, que obtienen concentraciones más altas (Figura 23). Pese a que no se cuenta con el peso final de baya de la parcela 2L, se puede suponer que el mismo fue bajo, dada su alta concentración de azúcar, alcanzando los 204 g/L. No se observó una relación clara entre el número de racimos y la concentración de azúcar de los mismos; algunos autores señalan que la carga de fruta en la planta es inversamente proporcional a los contenidos de azúcar de la misma (Jackson, 1986; Reynolds et al., 1994), en tanto, otros establecen que esa relación no existe (Freeman & Kliewer, 1983). Las parcelas con concentraciones de azúcar más bajas, 3L y 4H, tienen la SFEP y el peso de poda mayor, lo cual denota una partición de fotoasimilados diferencial, que favorece el crecimiento vegetativo y la acumulación de materia seca. Si se promedian los datos correspondientes a las parcelas bajas (L) los contenidos de azúcar son superiores a los de las parcelas más altas (H), en concordancia con Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) que estableció una relación positiva entre los °Brix de la baya y la amplitud térmica de las parcelas.

**Tabla 9**

*Alpha Amino Nitrógeno, Ammonia, ácido málico, ácido tartárico, acidez Total, pH y azúcar*

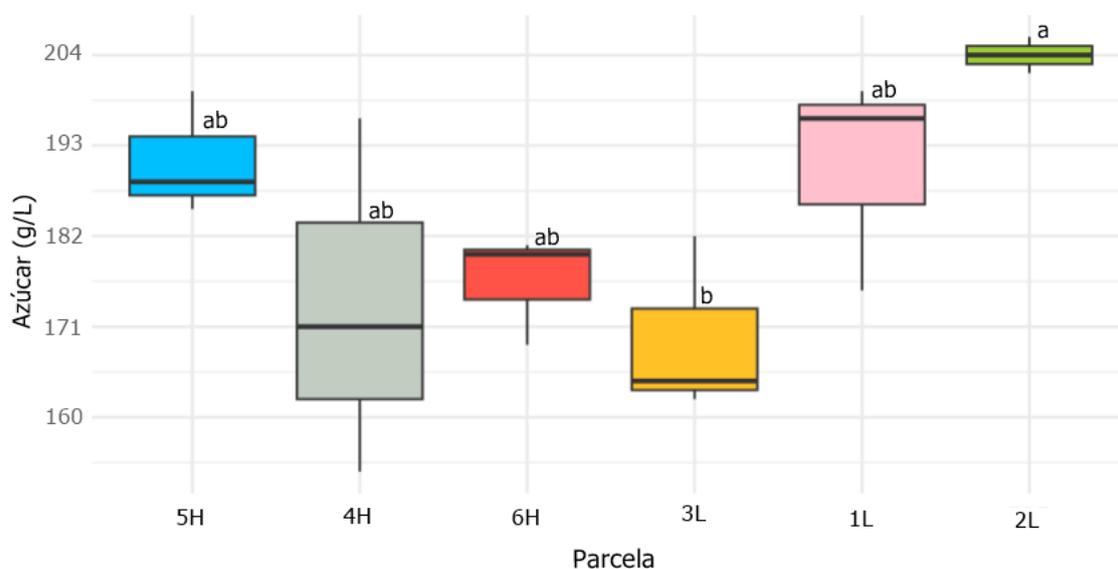
Parcela	Alpha Amino N (mg/L)	Ammonia (mg/L)	Ácido málico (g/L)	Ácido tartárico (g/L)	Acidez total (gH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L)	pH	Azúcar (g/L)
1L	110,7 b	141,8 a	4,5 bc	8,2 a	5,2 bc	3,2 a	191 ab
2L	Sd	Sd	4,3 c	8,1 a	4,7 c	3,2 a	204 a
3L	133,3 ab	Sd	6,7 a	7,8 a	6,9 a	3,1 a	169,5 b
4H	157,8 a	Sd	6,1 abc	8,2 a	6,2 ab	3,1 a	173 ab
5H	140,0 ab	Sd	4,9 abc	8,6 a	5,2 bc	3,1 a	191 ab
6H	111,3 b	139,0 a	6,5 ab	8,2 a	6,3 ab	3,1 a	176 ab
Media general	130,6	140,4	5,5	8,2	5,7	3,1	183
Desvío Estándar	21	7,3	1,1	0,4	1	0,0	13,41

La acidez total se encontró entre los 4,7 y 6,9 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L. Si se comparan en conjunto los valores de acidez de las parcelas altas (H) contra los obtenidos en las parcelas bajas (L), estos últimos son en promedio, ligeramente superiores a los de las parcelas altas, concordando con lo establecido por Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) (Figura 24). Como era esperable, existe una correlación de  $r=-87$  entre la acidez total y el contenido de azúcar. Si bien los ácidos son sintetizados en las hojas, no se determinó una relación clara entre la acidez total y la superficie foliar de las parcelas.

El contenido final de ácido málico se encuentra en el margen de los 4,3 a 6,7 g/L (Figura 25). Los contenidos más bajos de este compuesto se registraron en las parcelas 1L y 2L, cuyo registro térmico muestra que se vieron expuestas a temperaturas máximas más altas (Tabla 3), dando cuenta del efecto de la temperatura en la degradación del ácido málico, producto del aumento de la respiración (Ruffner et al., 1976; Sweetman et al., 2009). Asimismo, estas dos parcelas tuvieron amplitudes térmicas más altas (Figura 8), en concordancia con lo establecido por Sweetman et al. (2014), que señala que la degradación de este ácido se acentúa con el contraste térmico. El contenido de ácido málico de las parcelas siguió la misma tendencia que la acidez total y presentó una correlación de  $r= -81$  con respecto a la concentración de azúcares (Figura 26).

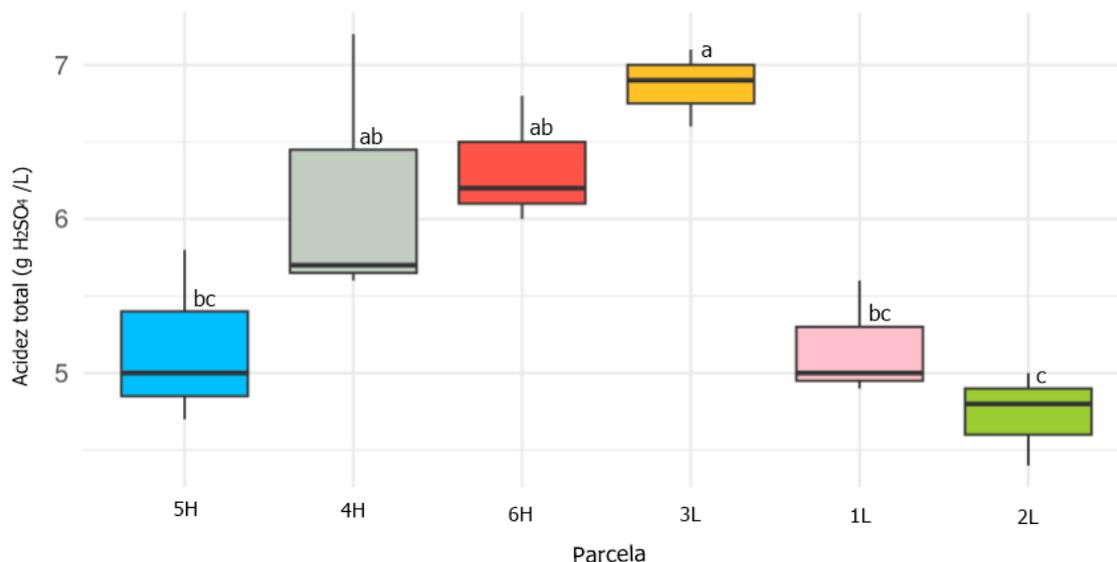
### Figura 23

Contenidos de azúcar para cada parcela al momento de cosecha



**Figura 24**

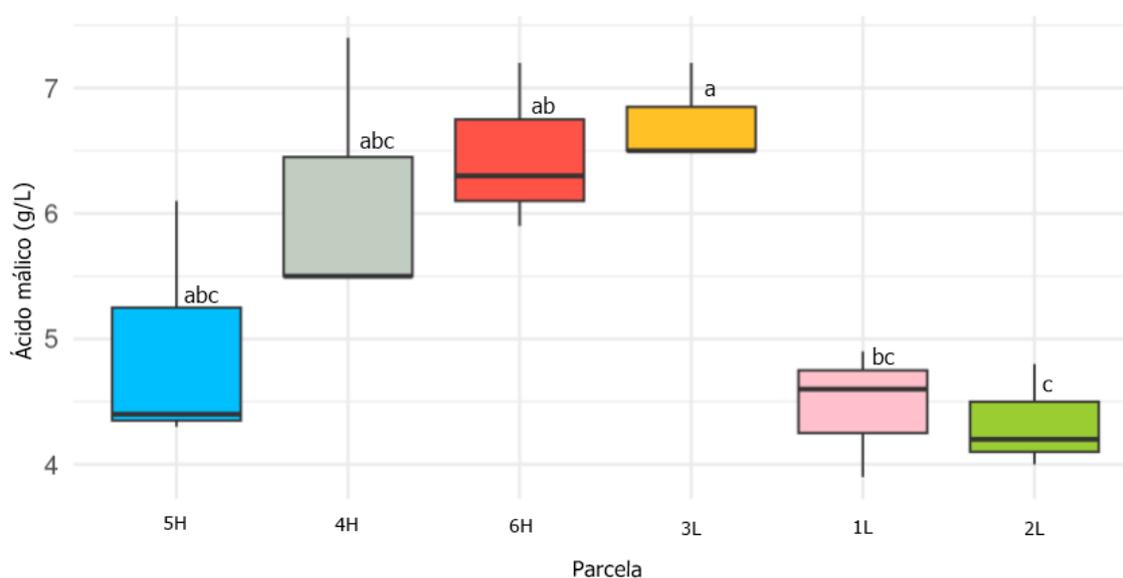
*Acidez total para cada parcela al momento de cosecha*



No se obtuvieron diferencias significativas en relación al pH, sin embargo aquellas parcelas más altas, obtuvieron menores niveles de pH, en concordancia con lo establecido por Falcao et al. (2010) (Tabla 9). Esta variable mostró una correlación positiva (0,96 Pearson) con la amplitud térmica. Niveles de pH elevados están estrechamente relacionados con la velocidad de oxidación de los mostos y vinos blancos (Fernández-Zurbano et al., 1995) ya que a mayor pH, existe una menor concentración de SO<sub>2</sub> libre y molecular que actúe como protector ante la oxidación (Paladino et al., 2008).

**Figura 25**

*Contenido de ácido málico al momento de cosecha para cada parcela*

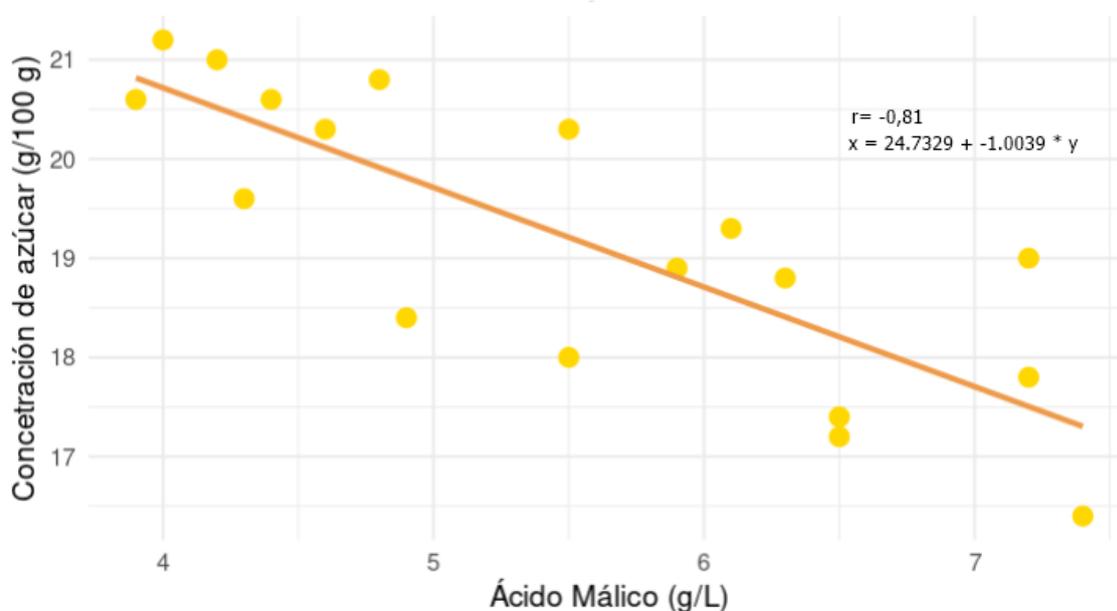


La concentración de ácido tartárico se mantuvo en torno a 7,8 y 8,6 g/L (parcelas 3L y 5H respectivamente), sin diferencias estadísticamente significativas entre parcelas (Tabla 9). En concordancia con Ruffner (1982) los niveles de ácido tartárico no muestran relación con la topografía y la temperatura. Tampoco puede establecerse una relación entre el ácido tartárico y los niveles de humedad del suelo, señalados por Mirás Avalos et al. (2019).

El contenido de Alpha Amino N ( $\alpha$ AN) no mostró diferencias significativas entre las parcelas, y se ubicó en un torno a un promedio de 130 mg/L, en tanto la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) obtuvo una media de 140,4 mg/L, sin diferencias significativas para las parcelas de las cuales se tienen datos (Tabla 9). Estos compuestos nitrogenados son un indicador de la disponibilidad de sustrato esencial para el crecimiento y desarrollo de las levaduras y el vigor fermentativo (Bell & Henschke, 2005). La composición nitrogenada de los mostos está relacionada a la producción de compuestos aromáticos, ya que algunos aminoácidos actúan como precursores de dichos compuestos (Hernández-Orte et al., 2002).

**Figura 26**

*Relación entre el contenido de ácido málico y la concentración de azúcar al momento*



de cosecha

#### 4.3.2. Composición Secundaria de la Uva

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en relación al índice de polifenoles totales (IPT). El mismo obtuvo un mínimo de 31,2 en la parcela 6H y un máximo de 36,3 en la parcela 3L (Tabla 10).

**Tabla 10***Índice de polifenoles totales promedio para cada parcela al momento de cosecha*

Parcela	Índice de Polifenoles Totales (A280)
1L	32,9 a
2L	Sd
3L	36,3 a
4H	32,3 a
5H	33,5 a
6H	31,2 a
Media general	33,0
Desvío estándar	8,2

#### 4.3.3. Composición del Mosto y Microvinificación

El análisis de los mostos que fueron vinificados no mostró diferencias significativas en ninguno de las variables a excepción del contenido de ácido málico, que fue mayor en el mosto proveniente de las parcelas altas y que tuvieron menores aptitudes térmicas, en concordancia con lo señalado en la sección 4.7 y lo establecido por Sweetman et al. (2014) (Tabla 11).

**Tabla 11***Acidez total, pH, ácido málico, ácido glucónico, ácido tartárico y azúcar previo a la fermentación*

Mosto	Acidez total (g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L)	pH	Ácido málico (g/L)	Ácido Glucónico (g/L)	Ácido Tartárico (g/L)	Azúcar (g/L)
L	5,3 a	3,2 a	5,2 b	0,0 a	6,8 a	188 a
H	5,4 a	3,2 a	5,6 a	0,1 a	6,8 a	186 a
Media general	5,3	3,2	5,4	0,1	6,9	19,5
Desvío estándar	0,08	0,03	0,19	0,08	0,29	0,15

En relación a la concentración de azúcar, si bien no se alcanzó el promedio reportado por Fourment, Tachini, Bonnardot et al. (2024) los resultados son coincidentes en que las parcelas bajas obtienen contenidos de azúcar superiores.

La acidez total se encontró en torno a una media de 5,3 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L, por debajo de los valores señalados por Zamuz et al. (2007) para clones de Albariño en Galicia.

Los contenidos de ácido tartárico resultaron iguales en ambos mostos y se encontraron por debajo de lo reportado por Mirás Avalos et al. (2012).

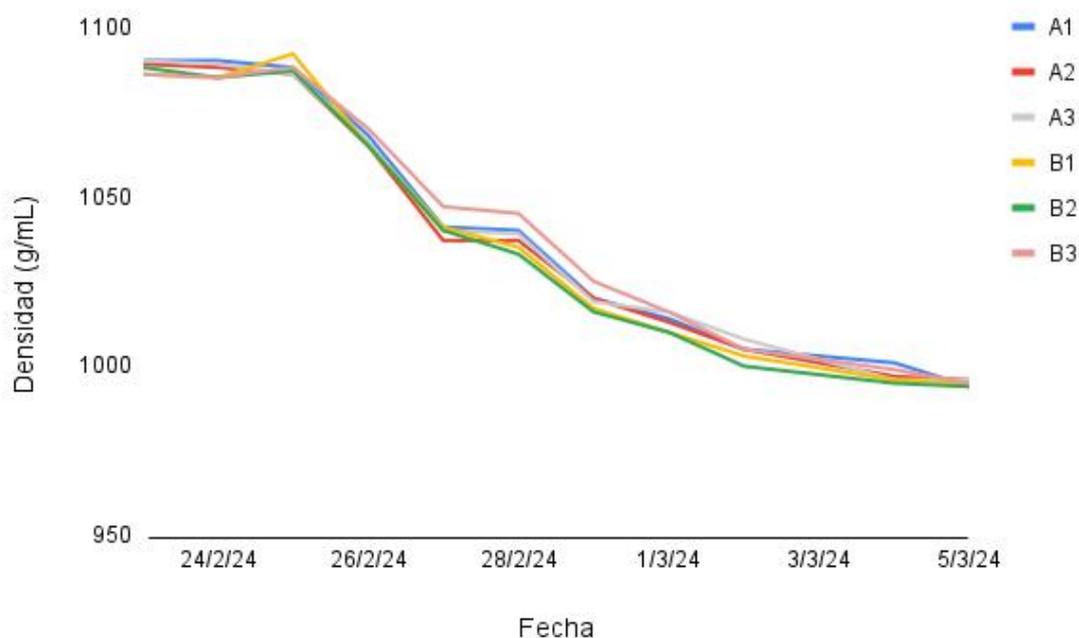
#### 4.3.4. Fermentación

La cinética de fermentación, medida como densidad del mosto, muestra una dinámica similar en todas las microvinificaciones. La fermentación tardó aproximadamente 2 días en iniciarse. La demora en el comienzo de la fermentación

puede comprometer la estabilidad de los mostos ya que favorece la proliferación de organismos indeseables, sin embargo esta demora pudo haber estado vinculada al propio agregado de metabisulfito, afectando el desarrollo de las levaduras. El fin de la fermentación, tiempo en el que todas las vinificaciones alcanzan densidades menores a 1000 g/mL, se determinó a los 11 días, lo cual es esperable para vinos blancos. (Figura 27)

**Figura 27**

*Evolución de la densidad de los mostos durante la fermentación*



#### 4.3.5. Análisis del Vino

El análisis de los vinos no mostró diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas, a excepción del Índice de Polifenoles Totales. Respecto a la acidez total, el pH y el ácido málico, se mantuvo la tendencia existente previo a la fermentación (Tabla 12).

**Tabla 12**

*Acidez total, pH, ácido málico, etanol, acidez volátil, intensidad colorante e Índice de Polifenoles Totales*

Vino	Acidez total (g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L)	pH	Ácido málico (g/L)	Etanol (%)	Acidez volátil (g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L)	A420	IPT (A280)
L	5,8 a	2,89 a	4,47 a	12,57 a	0,20 a	0,04 a	5,5 a
H	5,9 a	2,90 a	4,60 a	12,47 a	0,29 a	0,04 a	5,2 b
Media general	5,8	2,90	4,53	12,52	0,25	0,04	5,4
Desvío estándar	0,1	0,02	0,14	0,17	0,06	0,01	0,2

*Nota.* IPT: Índice de Polifenoles Totales. A420: intensidad colorante.

El contenido de etanol estuvo dentro de lo establecido para vinos de calidad preferencial según la normativa nacional, y fue ligeramente superior en el vino de las parcelas más bajas, donde el contenido de azúcar del mosto fue mayor (Tabla 12).

La acidez volátil (VA) es la variable asociada al deterioro o aroma avinagrado de vino, cuyo máximo establecido en la normativa nacional es de 1 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L, por tanto ambos vinos se encuentran dentro de lo aceptable.

La intensidad de color amarillo (A420) fue óptima para un vino blanco joven según Kanavouras et al. (2020) y no evidenció pardeamiento. En relación a la riqueza fenólica de los vinos, la misma se encontró en torno al 5,4, siendo superior en el vino proveniente de las parcelas bajas. Esto puede estar relacionado a la amplitud térmica de dichas parcelas, según lo señalado por Hidalgo (2006). El contenido de polifenoles totales en el vino es una variable valorada ya que estudios señalan que su capacidad antioxidante aporta beneficios a la salud humana, sin embargo un alto contenido de polifenoles favorece el pardeamiento del vino a causa de la oxidación de estos. Por esta razón, los vinos con alto contenido de polifenoles son más susceptibles al pardeamiento y a menudo son estabilizados mediante la adición de caseína o quitina (Mármol et al., 2009).

## 5. CONCLUSIONES

En relación a los objetivos planteados y a partir de los resultados obtenidos durante el ciclo 2023-2024, se concluye que la altitud de las parcelas mostró un efecto en el mesoclima de las mismas, y que la sensibilidad de la variedad Albariño a la variabilidad mesoclimática se vio reflejada principalmente en los caracteres enológicos y no así en los agronómicos.

Las parcelas con menor altitud registraron temperaturas mínimas más bajas que las parcelas altas, explicado por la dinámica de movimiento de las masas de aire frío, en tanto las temperaturas máximas fueron menores a medida que la altura aumenta, debido a la exposición a la brisa. La conjunción de estos dos fenómenos provocó que las parcelas de menor altitud tuvieran mayores amplitudes térmicas, alcanzando una diferencia de 2°C entre la AT de las dos parcelas más contrastantes. La variabilidad climática de las parcelas también se vio reflejada en el índice heliotérmico, la acumulación de Grados día y el índice de frescor nocturno, aunque las diferencias no son atribuibles a la altitud del terreno.

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento, que se ubicó entre 1,2 a 3,35 kilogramos por planta, la superficie foliar expuesta potencial, que osciló entre 6331 y 9205 m<sup>2</sup>/ha, el peso de poda, entre 598 y 1093 gramos, y el índice de Ravaz, entre 1,2 y 6. Dichas diferencias muestran una gran variabilidad dentro del viñedo, pero no son atribuibles a índices climáticos. Al margen del efecto parcela, se comprobó como característica varietal la fertilidad diferencial de los brotes, siendo ésta más alta a partir de la quinta yema.

En relación al potencial enológico, las parcelas con temperaturas máximas más elevadas y mayores amplitudes térmicas obtuvieron en promedio casi 10 g/L más de azúcares que las parcelas con temperaturas moderadas.

La amplitud térmica y las temperaturas máximas elevadas mostraron un efecto en la degradación del ácido málico, alcanzando diferencias de casi 2 g/L entre las parcelas más contrastantes.

El promedio de acidez total de las parcelas más frescas fue ligeramente superior al promedio de las tres parcelas con temperaturas máximas elevadas.

El análisis del vino no mostró diferencias significativas para ninguna de las variables a excepción del Índice de Polifenoles Totales, cuyo resultado fue de 5,5 en el vino de parcelas con alta amplitud térmica, en tanto el proveniente de las parcelas con temperaturas moderadas obtuvo un IPT de 5,2.

La elección de parcelas más contrastantes que las evaluadas en este estudio puede permitir ampliar las diferencias establecidas o hallar nuevas en variables cuya sensibilidad al mesoclima es menor. Asimismo, la metodología de vinificación, agrupando parcelas altas y bajas, puede representar una limitante a la hora de detectar y explicar los efectos del mesoclima. La inclusión de variables que no fueron contempladas en este trabajo, como los aromas, puede ser de interés a la hora de evaluar la respuesta de la variedad a las condiciones mesoclimáticas.

Determinar el grado de respuesta agronómica y enológica de Albariño al mesoclima resulta de utilidad al momento de implantar nuevas parcelas o realizar un manejo sitio-específico del viñedo, así como la elaboración de productos diferenciales.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Almanza, P. (2011). *Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (Vitis vinifera L.) bajo condiciones de clima frío tropical* [Disertación doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7895>
- Amerine, M., & Winkler, A. (1944). Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia*, 15(6), 493-673. <https://scispace.com/pdf/composition-and-quality-of-musts-and-wines-of-california-3m3qupaori.pdf>
- Anzanello, R., Fialho, F. B., & Dos Santos, H. P. (2018). *Chilling requirements and dormancy evolution in grapevine buds*. *Ciência e Agrotecnologia*, 42(4), 364-371. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424014618>
- Atkin, T. (2023). *Uruguay 2023: Special Report*. Tim Atkin – Master of Wine. [timatkin.com/product/2023-uruguay-special-report/](https://timatkin.com/product/2023-uruguay-special-report/)
- Australian Wine Research Institute. (2010). *Bud dormancy and budburst*. [https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/1\\_phenology\\_bud\\_dormancy\\_and\\_budburst.pdf](https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/1_phenology_bud_dormancy_and_budburst.pdf)
- Baptista, B. (2015). La temprana vitivinicultura en Uruguay: Surgimiento y consolidación (1870-1930). En A. Beretta Curi (Coord.), *Historia de la viña y el vino de Uruguay: El viñedo y su gente (1870-1930)* (pp. 69-92). Universidad de la República. <https://www.fhce.edu.uy/images/CEIL/publicaciones/2016/la%20vin%CC%83a-y-el-vino-tomo-uno.pdf>
- Bell, S. J., & Henschke, P. A. (2005). Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(3), 242-295. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x>
- Bentancor, L. (2023). *Comportamiento agronómico de Albariño (Vitis Vinifera L.) en diferentes condiciones agroclimáticas* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/42039>
- Bonnardot, V., Carey, V., Madelein, M., Cautenet, S., Coetzee, Z., & Quénot, H. (2012). Spatial variability of night temperatures at a fine scale over the Stellenbosch wine district, South Africa. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 46(1), 1-13. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2012.46.1.1504>

- Bonnefoy, C., Quenol, H., Planchon, O., & Barbeau, G. (2010). Températures et indices bioclimatiques dans le bignoble du Val de Loire dans un contexte de changement climatique. *Echogéo*, 14. <https://journals.openedition.org/echogeo/12146>
- Bregante, A. (2003). *Viticultura en Uruguay: Contribución a su conocimiento*. MGAP.
- Carbonell-Bejerano, P., Santa María, E., Torres-Pérez, R., Royo, C., Lijavetzky, D., Bravo, G., Aguirreolea, J., Sánchez-Díaz, M., Antolín, M. C., & Martínez-Zapater, J. M. (2013). Thermotolerance responses in ripening berries of *Vitis vinifera* L. cv muscat hamburg. *Plant and Cell Physiology*, 54(7), 1200-1216. <https://doi.org/10.1093/pcp/pct071>
- Carbonneau, A. (1995). La surface foliaire exposée potentielle: Guide pour sa mesure. *Progrès Agricole et Viticole*, 112(9), 204-212.
- Cholet, C., Claverol, S., Claisse, O., Rabot, A., Osowsly, A., Dumot, V., Ferrari, G., & Gény, R. (2016). Tartaric acid pathways in *Vitis vinifera* L. (cv. Ugni blanc): A comparative study of two vintages with contrasted climatic conditions. *BMC Plant Biology*, 16, Artículo e144. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0833-1>
- DeBolt, S., Cook, D., & Ford, C. (2006). L-tartaric acid synthesis from vitamin C in higher plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(14), 5608-5613.
- Deloire, A., Ferrer, M., & Carbonneau, A. (2003). Vine and terroir responses: Elements to determine a method of study. *Agrociencia (Uruguay)*, 7(1), 105-113. <https://doi.org/10.31285/AGRO.07.1042>
- Deloire, A., Prévost, P., & Kelly, M. (2008). Unravelling the terroir mystique: An agro-socio-economic perspective. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 3(32). [https://www.researchgate.net/publication/250003654\\_Unravelling\\_the\\_Terroir\\_Mystique\\_-\\_an\\_agro-socio-economic\\_perspective](https://www.researchgate.net/publication/250003654_Unravelling_the_Terroir_Mystique_-_an_agro-socio-economic_perspective)
- Downey, M. O., Harvey, J. S., & Robinson, S. P. (2004). The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10(1), 55-73.
- Durán, A., Califra, A., Molfino, J. H., & Lynn, W. (2005). *Keys to soil taxonomy for Uruguay*. USDA.
- Durán, A., & García Préchac, F. (2007). *Suelos del Uruguay: Origen, clasificación, manejo y conservación* (Vol. 1). Hemisferio Sur.

- Edson, C., Howell, G., & Flore, J. (1995). Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines: II. Seasonal changes in single leaf and whole vine photosynthesis. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46, 469-477.
- Falcao, L., Burin, V., Chaves, E., Vieira, H., Brighenti, E., Rosier, J., & Bordignon-Luiz, M. (2010). Vineyard altitude and mesoclimate influences on the phenology and maturation of Cabernet-Sauvignon grapes from Santa Catarina State. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 44(3), 135-150.  
<https://doi.org/10.20870/oenone.2010.44.3.1470>
- Fernández-Zurbano, P., Ferreira, V., Peña, C., Escudera, A., Serrano, F., & Cacho, J. (1995). Prediction of oxidative browning in white wines as a function of their chemical composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(11), 2813-2817.
- Ferrer, M. (2007). *Étude du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot* [Disertación doctoral]. Université de Montpellier II.
- Ferrer, M., González Neves, G., Priore, E., Montaña, A., & Carbonneau, A. (2008). Los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera* L. cv Merlot en función de la arquitectura de la planta. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(1), 6-19.
- Ferrer, M., Pedocchi, R., Michelazzo, M., González Neves, G., & Carbonneau, A. (2007). 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.
- Fourment, M. (2016). *Adaptación de la vid (Vitis vinifera L.) a la variabilidad climática a meso-escala en el sur de Uruguay* [Disertación doctoral, Universidad de la República]. Redi. <http://hdl.handle.net/20.500.12381/160>
- Fourment, M., Bonnardot, V., Planchon, O., Ferrer, M., & Quéno, H. (2014). Circulation atmosphérique locale et impacts thermiques dans un vignoble côtier: Observations dans le sud de l'Uruguay. *Climatologie*, 11, 47-64.  
<https://doi.org/10.4267/climatologie.589>

- Fourment, M., Ferrer, M., González-Neves, G., Barbeau, G., Bonnardot, V., & Quénot, H. (2017). Tannat grape composition responses to spatial variability of temperature in an Uruguay's coastal wine region. *International Journal of Biometeorology*, 61(9), 1617-1628. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-017-1340-2>
- Fourment, M., Tachini, R., Bonnardot, V., & Collins, C. (2024). Assessment of Albariño (*Vitis vinifera* sp.) plasticity to local climate in the Atlantic eastern coastal terroir of Uruguay. *OENO One*, 58(4). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.8196>
- Fourment, M., Tachini, R., & Ferrer, M. (2024). Adaptation to climate change and variability for viticulturists in Uruguay. En M. Fourment & G. Gutierrez Gamboa (Eds.), *Latin american viticulture adaptation to climate change* (pp. 137-146). Springer.
- Fourment, M., Tachini, R., Ferrer, M., & Bonnardot, V. (2022, julio). *Mesoclimate impact on Albariño cv. (Vitis vinifera L.) berry composition in the emerging Atlantic winegrowing region of Uruguay in the context of climate change* [Contribución]. 35ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Météo-France et Université Toulouse III, Toulouse, France. <https://hal.science/hal-03757730>
- Freeman, B. M., & Kliwer, W. M. (1983). Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines: II. Grape and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 34(3), 197-207. <https://www.ajevonline.org/content/34/3/197>
- Friend, A. P., Trought, M., & Creasy, G. L. (2009). The influence of seed weight on the development and growth of berries and live green ovaries in *Vitis vinifera* L. cvs Pinot Noir and Cabernet Sauvignon. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(2), 166-174.
- Glories, Y., & Augustin, M. (1993). Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: Application aux millésimes 1991 et 1992. En Conseil Interprofessionnel du Vin de Bordeaux (Ed.), *Journee Technique du C. I. V. B., Actes du Colloque* (pp. 56-61).
- González Neves, G. (2005). *Etude de la composition polyphénolique des raisins et des vins des cépages Merlot, Cabernet-Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en Lyre et en Espalier dans le sud de l'Uruguay* [Disertación doctoral]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.

- Google. (2024). [Viñedo comercial al oeste de Pueblo Garzón, Maldonado, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 16 de agosto de 2024, de <https://maps.app.goo.gl/GbrQoF6GpdeUDwVr9>
- Greer, D. M., & Weedon, M. M. (2013). The impact of high temperatures on *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevine performance and berry ripening. *Frontiers Plant Science*, 4, Artículo e491. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00491>
- Hernández, M. L. (1993). La agroclimatología: Instrumento de planificación agrícola. *Geographica*, 30, 213-228.
- Hernández-Orte, P., Cacho, J., & Ferreira, V. (2002). Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition: Experiments with model solutions and chemometric study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 2891-2899. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11982416/>
- Hidalgo, J. (1993). *Tratado de viticultura general*. Mundi-Prensa.
- Hidalgo, J. (2006). *La calidad del vino desde el viñedo*. Mundi-Prensa.
- Huglin, P. (1978). Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 64, 1117-1126. <https://hal.inrae.fr/hal-02732734>
- Hunter, J. J., & Bonnardot, V. (2004). Methodology to assess vine cultivation suitability using climatic ranges for key physiological processes: Results for three South African regions. *IVES Conference Series*, (Terroir 2004), 203-213. [https://ives-openscience.eu/wp-content/uploads/2023/03/Methology\\_Assess\\_Vine\\_Cultivation\\_Hunter.pdf](https://ives-openscience.eu/wp-content/uploads/2023/03/Methology_Assess_Vine_Cultivation_Hunter.pdf)
- Hunter, J. J., Volschenk, C. G., & Booyse, M. (2017). Vineyard row orientation and grape ripeness level effects on vegetative and reproductive growth characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/101-14 Mgt. *European Journal of Agronomy*, 84, 47-57. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.12.004>
- Hunter, J., Volschenk, C. G., & Zorer, R. (2016). Vineyard row orientation of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/101-14 Mgt: Climatic profiles and vine physiological status. *Agricultural and Forest Meteorology*, 228-229, 104-119.

- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2019). *Estadística de viñedos 2019: Datos nacionales*. [https://southamericawineguide.com/wp-content/uploads/2021/11/Uruguay-Wine-Production-Statistics\\_2019.pdf](https://southamericawineguide.com/wp-content/uploads/2021/11/Uruguay-Wine-Production-Statistics_2019.pdf)
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2023). *Estadística de viñedos 2023: Datos departamentales*. <https://www.inavi.com.uy/uploads/vinedo/b001699f9585532cfd1fa06a35756544f917eda5.pdf>
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2024). *Reporte anual: Registro de viñedos*. <https://www.inavi.com.uy/uploads/vinedo/346bb91b94f57f26d3e293b52fc0059a83b273cf.pdf>
- Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44, 409-430.
- Jackson, R. D. (1986). Remote sensing of biotic and abiotic plant stress. *Annual Review of Phytopathology*, 24, 265-287. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.24.090186.001405>
- Jones, G. V., & Davis, R. E. (2000). Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51, 249-261. <http://dx.doi.org/10.5344/ajev.2000.51.3.249>
- Junquera, P., Tubío, M., Rodiño, X., & Lissarrague, J. R. (2015). Influence of the training system on the agronomic behavior and grape composition of Albariño in Rías Baixas appellation. En *19es Journées GiESCO 2015* (pp. 433-436). GiESCO. [https://oa.upm.es/42011/1/INVE\\_MEM\\_2015\\_224850.pdf](https://oa.upm.es/42011/1/INVE_MEM_2015_224850.pdf)
- Kanavouras, A., Coutelieris, F., Karanika, E., Kotseridis, Y., & Kallithraka, S. (2020). Color change of bottled white wines as a quality indicator. *OENO One*, 54(3), 543-551. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.3.3367>
- Keller, M. (2007). *The science of grapevines: Anatomy and physiology*. Washington State University.
- Keller, M. (2015). *The science of grapevines: Anatomy and physiology* (2<sup>nd</sup> ed.). Elsevier.

- Kliewer, W., & Antcliff, A. (1970). Influence of defoliation, leaf darkening, and cluster shading on the growth and composition of sultana grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 21, 26-36.
- Lizarbe, I. (2021). *Clima: Concepto, climas ecológicos: Macroclima, microclima y mesoclima* [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
- Mármol, Z., Cardozo, J., Carrasquero, S., Páez, S., Chandler, C., Araujo, K., & Rincón, M. (2009). Evaluación de polifenoles totales en vinos blancos tratado con quitina. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*, 26(3), 423-442. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26813>
- Martínez de Toda, F. (1991). *Biología de la vid: Fundamentos biológicos de la viticultura*. Mundi-Prensa.
- Martínez de Toda, F. (2008). *Claves de la viticultura de calidad: Nuevas técnicas de estimulación y control de la calidad de la uva en el viñedo*. Mundi-Prensa.
- Martínez de Toda, F. (2019). *Técnicas vitícolas frente al cambio climático: Técnicas de manejo de la vegetación del viñedo para mitigar los efectos de las altas temperaturas y del calentamiento climático*. Mundi-Prensa
- Millar, A. A. (1972). Thermal regime of grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 23, 173-176.
- Mirás Avalos, J. M., Bouzas-Cid, Y., Trigo-Córdoba, E., Orriols, I., & Falqué, E. (2019). Irrigation effects on the volatile composition and sensory profile of Albariño wines from two different terroirs. *European Food Research and Technology*, 245, 2157-2171.
- Mirás Avalos, J. M., Trigo Córdoba, E., Bouzas Cid, Y., Rego Martínez, F., & Lozada Días, E. (2012, 26 de setiembre). *Efectos del riego sobre tres variedades blancas autóctonas gallegas (Treixadura, Godello y Albariño) en la D.O. Ribeiro: Primeros resultados*. Interempresas. [http://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/100471-Efectos-riegotres-variedades-blancas-autoctonas-gallegas-\(Treixadura-GodelloAlbarino\)-D.html](http://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/100471-Efectos-riegotres-variedades-blancas-autoctonas-gallegas-(Treixadura-GodelloAlbarino)-D.html)
- Moreno, J. (2022). *Cambios en la dinámica de maduración de Vitis vinifera L. cv Tannat en respuesta a distintos momentos de deshojado* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/39767>

- Mullins, M. G., Bouquet, A., & Williams, L. E. (1992). *Biology of the grapevine*. Cambridge University Press.
- Nadal, M., Sánchez Ortiz, A., Savé, A. R., & Herralde, F. (2011). Efectos del cambio climático en la fenología y producción de *Vitis vinifera* cv. Cariñena en región mediterránea (DOCa Priorat, Tarragona). *Actas de Horticultura*, (60), 639-642.
- Oficina de estadísticas agropecuarias. (2014). *Anuario Estadístico Agropecuario 2014*. MGAP. <https://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2014/diea-Anuario%202014-Digital01.pdf>
- Oficina de estadísticas agropecuarias. (2023). *Anuario Estadístico Agropecuario 2023*. MGAP.
- Ortega-Farías, S. O., Lozano, P., Moreno Y., & León, L. (2002). Desarrollo de modelos predictivos de fenología y evolución de madurez en vid para vino Cv. Cabernet Sauvignon y Chardonnay. *Agricultura Técnica*, 62(1), 27-37. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000100003>
- Paladino, S., Nazralla, J., Vila, H., Genovart, J., Sánchez, M. L., & Maza, M. (2008). Oxidación de los vinos tintos: Influencia del pH. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*, 40(2), 105-112. [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/2733/paladinoagrarias2-08.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2733/paladinoagrarias2-08.pdf)
- Pellegrino, A., Rogiers, S., & Deloire, A. (2020). Dormancia de las yemas latentes y desarrollo de los brotes de la vid. *IVES Technical Review*. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2020.3420>
- Pereira, G. E., Gaudillere, J. P., Pieri, P., Hilbert, G., Maucourt, M., Deborde, C., Moing, A., & Rolin, D. (2006). Microclimate influence on mineral and metabolic profiles of grape berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), 6765-6775.
- Pérez-Gregorio, R., Santos, F., Crespo, A. J. C., & Gómez-Gesteira, M. (2012). Influencia del clima sobre la producción y calidad de las diferentes subzonas amparadas por la D.O. Rías Baixas. *Avances en Ciencias de la Tierra*, (3), 65-73.
- Persico, M. J., Smith, D. E., & Centinari, M. (2021). Delaying budbreak to reduce freeze damage: Seasonal vine performance and wine composition in two *Vitis vinifera* cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture*, 72, 346-357. <https://www.ajevonline.org/content/72/4/346>

- 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 vinifera, cv. Tannat* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/27812>
- PlantGrape (2025). *Albarinho B: Wine grape variety*.  
<https://www.plantgrape.fr/en/varieties/fruit-varieties/300/export>
- Quénoel, H. (2002). *Climatologie appliquée aux échelles spatiales fines: Influence des haies brise-vent et d'un remblai ferroviaire sur le gel printanier et l'écoulement du mistral* [Disertación doctoral]. Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Quénoel, H. (2011). *Observation et modélisation spatiale du climat aux échelles fines dans un contexte de changement climatique* [Disertación doctoral]. Université Rennes.
- Quénoel, H., Maciel, A., Monteiro, A., & Beltrando, G. (2007). Variabilidade espacial do gelo primaveril nos vinhedos do Vinho Verde (Portugal). *Geografia*, 32(1), 5-27.
- Reynier, A. (2005). *Manual de viticultura* (6ª ed.). Mundi-Prensa.
- Reynolds, A., Price, S. F., Wardle, D. A., & Watson, B. T. (1994). Fruit environment and crop level effects on Pinot noir: I. Vine performance and fruit composition in British Columbia. *American Journal of Enology and Viticulture*, 45(4), 452-459.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.1994.45.4.452>
- Ribéreau-Gayon, P. (1970). Le dosage des composés phénoliques totaux dans les vins rouges. *Chimique Analytique*, 52(6), 627-631.
- Ristic, R., & Iland, P. G. (2005). Relationships between seed and berry development of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: Developmental changes in seed morphology and phenolic composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(1), 43-58.
- Rubio, S., Dantas D., Bressan-Smith, R., & Pérez, F. J. (2016). Relationship between endodormancy and cold-hardiness in grapevine buds. *Journal of Plant Growth Regulation*, 35, 266-275.
- Ruffner, H. P. (1982). Metabolism of tartaric and malic acids: A review - Part A. *Vitis*, 21(3), 247-259.

- Ruffner, H. P., Hawker, J. S., & Hale, C. R. (1976). Temperature and enzymic control of malate metabolism in berries of *Vitis vinifera*. *Phytochemistry*, 15(12), 1877-1880. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)88835-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)88835-4)
- Ruml, M., Korać, N., Vujadinović, M., Vuković, A., & Ivanišević, D. (2016). Response of grapevine phenology to recent temperature change and variability in the wine-producing area of Sremski Karlovci, Serbia. *The Journal of Agricultural Science*, 154(2), 186-206. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000453>
- Sánchez-de-Miguel, P., Baeza, P., Junquera, P., & Lissarrague, J. R. (2010). Vegetative development: Total leaf area and surface area indexes. En S. Delrot, H. Medrano, E. Or, L. Bavaresco, & S. Grando (Eds.), *Methodologies and results in grapevine research* (pp. 31-44). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9283-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9283-0_3)
- Santiago, J. L., Boso, S., Gago, P., Alonso-Villaverde, V., & Martínez, M. (2007). Molecular and ampelographic characterisation of *Vitis vinifera* L. 'Albariño', 'Savagnin Blanc' and 'Caíño Blanco' shows that they are different cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3), 333-340.
- Santiago, J. L., Gago, P., Boso S., Alonso-Villaverde, V., & Martínez, M. C. (2007). Influence of rootstock type on the agronomic characteristics of two grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars grown in the Northwestern Iberian Peninsula. *Plant Production Science*, 10(4), 473-477. <https://doi.org/10.1626/pps.10.473>
- Silva, A., Docampo, R., Camejo, C., & Barboza, C. (2018). *Inventario de los suelos bajo viña del Uruguay: Principales características edafológicas de los viñedos uruguayos*. INIA; INAVI.
- Spayd, S. E., Tarara, J. M., Mee, D. L., & Ferguson, J. C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(3), 171-182.
- Suklje, K., Lisjak, K., Baša Česnik, H., Janes, L., Du Toit, W., Coetzee, Z., Vanzo, A., & Deloire, A. (2012). Classification of grape berries according to diameter and total soluble solids to study the effect of light and temperature on methoxypyrazine, glutathione, and hydroxycinnamate evolution during ripening of Sauvignon Blanc (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(37), 9454-9461.

- Sweetman, C., Deluc, L. G., Cramer, G. R., Ford, C. M., & Soole, K. L. (2009). Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*, 70(11-12), 1329-1344. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.08.006>
- Sweetman, C., Sadras, V. O., Hancock, R. D., Soole, K. L., & Ford, C. M. (2014). Metabolic effects of elevated temperature on organic acid degradation in ripening *Vitis vinifera* fruit. *Journal of Experimental Botany*, 65(20), 5975-5988. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru343>
- Tachini, R. (2021). *Estudio meso climático del nuevo terroir vitícola atlántica de Uruguay: Evaluación en Vitis vinifera L. cv. Tannat y Albariño* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Tachini, R., Bonnardot, V., Ferrer, M., & Fourment, M. (2023). Topography interactions with the Atlantic Ocean and its impact on *Vitis vinifera* L. 'Tannat'. *Vitis*, 62(4), 163-177. <https://doi.org/10.5073/vitis.2023.62.163-177>
- Tonietto, J. (1999). *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France* [Disertación doctoral]. École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- Tonietto, J., & Carbonneau, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(1-2), 81-97. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>
- Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, 17(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/09571260600633135>
- Verdenal, T., Spangenberg, J. E., Zufferey, V., Spring, J. L., Dienes-Nagy, Á., Lorenzini, F., Schnee, S., Gindro, K., & Viret, O. (2017). Le rapport feuille-fruit de la vigne influence l'accumulation d'azote dans le raisin. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 49(3), 152-158.
- Vilanova, M., Zamuz, S., Tardaguila, J., & Masa, A. (2007). Descriptive analysis of wines from *Vitis vinifera* cv. Albariño. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(5), 819-823. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.3157>
- Villaseca, S. C., Novoa, R. S. A., & Muñoz, I. H. (1986). Fenología y sumas de temperatura en 24 variedades de vid. *Agricultura Técnica*, 46(1), 63-67. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/41010>

- Wicks, A. S., Johnson, J. O., Bracho, E., Jensen, F., Neja, R., Lider, L., & Weaver, R. (1984). Induction of early and more uniform budbreak in *Vitis vinifera* L. cvs Perlette, Thamson seedless, and Flame seedless. En R. J. Weaver (Ed.), *Proceedings of bud dormancy in grapevine: Potential and practical use of hydrogen Cyanamide on grapevine* (pp. 48-58). University of California.
- Zamuz, S., Martínez, M. C., & Vilanova, M. (2007). Primary study of enological variability of wines from different clones of *Vitis vinifera* L cv. Albariño grown in Misión Biológica de Galicia (CSIC). *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(7), 591-595. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.04.003>