

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE ALBARIÑO (*Vitis vinífera*. L)
EN DIFERENTES CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS**

por

Lucila BENTANCOR DE LOS SANTOS

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

Trabajo final de grado aprobado por:

Directora:

Mercedes Fourment

Tribunal:

Diego Piccardo

Milka Ferrer

Fecha:

24 de marzo de 2023

Estudiante:

Lucila Bentancor

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres y mi hermano, por acompañarme en mi carrera y en la vida, por su apoyo incondicional desde el principio y por su paciencia infinita.
- A mi compañera por su apoyo incondicional y motivación durante días y noches eternas de estudio.
- A la Ing. Agr. Dr. Mercedes Fourment por haber confiado en mí, por su ayuda, enseñanzas y apoyo para realizar este trabajo.
- A los Ing. Agr. Drs. Milka Ferrer y Diego Piccardo por sus enseñanzas correcciones y aportes.
- A el Ing. Agr. MSc. Ramiro Tachini por su ayuda y los momentos compartidos.
- Al establecimiento “Bodega Garzón” por poner a disposición los viñedos y lo necesario para llevar adelante este trabajo.
- A compañeros y amigos de facultad que me acompañaron y ayudaron de alguna u otra manera en el transcurso de la tesis.
- A todos aquellos que me sacaron de algún apuro.
- A mis amigos por estar en los momentos que los necesitaba.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Aspectos Generales de la Vitivinicultura en Uruguay	12
2.1.1. <i>Regiones Vitivinícolas</i>	13
2.1.2. <i>Aspectos Generales Sobre las Variedades Implantadas</i>	15
2.2. Abordaje del Estudio de Clima en Viticultura	15
2.2.1. <i>Influencia de los Diferentes Componentes del Clima (T, R, PP)</i>	15
2.2.2. <i>Escala de Estudio (macro, meso y microclima)</i>	18
2.2.3. <i>Ejemplos de Estudios del Impacto del Meso-clima en la Vid</i>	19
2.3. Variedad Albariño.....	21
2.3.1. <i>Origen e Importancia Económica en Uruguay</i>	21
2.3.2. <i>Aspectos Agronómicos del cv. Albariño</i>	21
2.3.3. <i>Aspectos Enológicos del cv. Albariño</i>	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Región de Estudio	25
3.2. Descripción del Viñedo y Parcelas Bajo Estudio.....	25
3.3. Estrategia de Investigación	26
3.3.1. <i>Diseño Experimental</i>	26
3.3.2. <i>Tratamientos</i>	26
3.4. Análisis Macro y Meso-climáticos	28
3.4.1. <i>Análisis Macro- climático</i>	28
3.4.2. <i>Análisis Meso-climático</i>	28
3.4.2.1. <i>Índices Bioclimáticos</i>	29
3.5. Mediciones para Evaluar Sobre el Comportamiento Agronómico de Albariño.....	30
3.5.1. <i>Componentes de Rendimiento</i>	30
3.5.1.1. <i>Fertilidad de Yemas</i>	30
3.5.1.2. <i>Número de Racimos por Planta y Rendimiento (Kg/pl)</i>	30
3.5.1.3. <i>Producción de Uva con Podredumbre</i>	30
3.5.1.4. <i>Compacidad del Racimo</i>	31
3.5.1.5. <i>Componentes de la Baya (PS - PP - PH)</i>	31
3.5.1.6. <i>Determinación del Momento de Cosecha</i>	31
3.6. Crecimiento Vegetativo	31

3.6.1. <i>Número de Sarmientos</i>	31
3.6.2. <i>Producción de Madera del Año</i>	31
3.6.3. <i>Superficie Foliar Expuesta Potencial</i>	32
3.7. Balance de la Planta	32
3.8. Mediciones para Evaluar el Potencial Enológico	32
3.8.1 <i>Composición Primaria de la Uva</i>	32
3.8.2. <i>Composición Secundaria de la Uva</i>	33
3.9. Análisis Estadístico	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Variabilidad del Meso-clima de los Viñedos en Relación a la Geografía..	34
4.1.1. <i>Caracterización Climática del Ciclo Vegetativo Bajo Estudio</i>	34
4.1.2. <i>Índices Bioclimáticos de las Parcelas</i>	35
4.2. Comportamiento Agronómico y Potencial Enológico de Albariño	38
4.2.1. <i>Componentes del Rendimiento: Fertilidad de Yemas, Producción y Composición de Racimo y Baya</i>	38
4.2.1.1. <i>Fertilidad de Yemas</i>	38
4.2.1.2. <i>Producción de Uva</i>	41
4.2.1.3. <i>Componentes de la Baya</i>	47
4.2.2. <i>Balance de la Planta: Desarrollo Foliar, Poda e Indicadores de Balance de la Planta</i>	52
4.2.2.1. <i>Superficie Foliar Expuesta Potencial</i>	52
4.2.2.2. <i>Peso de Poda y Peso de Sarmiento</i>	54
4.2.2.3. <i>Indicadores de Balance de la Planta</i>	58
4.2.3. <i>Composición de la Uva y Potencial Enológico</i>	61
4.2.3.1. <i>Metabolitos Primarios y Evolución de la Maduración</i>	61
4.2.3.2. <i>Metabolitos Secundarios: Índice de Polifenoles Totales (IPT)</i>	71
4.3. Relación del topo-clima con el comportamiento agronómico y potencial enológico de Albariño en el este de Uruguay.	74
5. CONCLUSIONES	78
6. BIBLIOGRAFÍA	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los cuadros de Albariño en el viñedo comercial bajo estudio: (n° de plantas, superficie en hectáreas, porta injerto y edad de las plantas)	26
Tabla 2 Descripción de las parcelas	28
Tabla 3 Suma de precipitaciones por estado fenológico y total acumulado hasta la cosecha (mm)	35
Tabla 4 Índices bioclimáticos de las parcelas en estudio para el 2020-2021	37
Tabla 5 Evaluación de los índices bioclimáticos según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo) y pendiente (3, 2, 1). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).....	38
Tabla 6 Evaluación de la fertilidad de yemas en Albariño para las parcelas	39
Tabla 7 Evaluación de la fertilidad de yemas en Albariño según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo) y pendiente (3, 2, 1). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).....	41
Tabla 8 Valores de producción (Kg/pl, g/racimo), número de racimos por planta (sanos y enfermos), peso de racimos (kg/pl) (sanos y enfermos) por parcela contabilizados en cosecha	42
Tabla 9 Interacción de la altitud y pendiente sobre el rendimiento (kg/pl). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	43
Tabla 10 Interacción de la altitud y pendiente sobre el peso sano (kg/pl). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	46
Tabla 11 Interacción de la altitud y pendiente sobre el peso enfermo (kg/pl). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	47
Tabla 12 Componentes de la baya de las parcelas	48
Tabla 13 Evaluación de los componentes de la baya de Albariño y sus relaciones según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo), y pendiente (3, 2, 1). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	49
Tabla 14 Característica y composición promedio del racimo de Albariño obtenidas a través de la evaluación de compacidad	50
Tabla 15 Evaluación de la compacidad de racimos de Albariño según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo), manteniendo constante la pendiente siendo la misma categoría 3. Diferencias analizadas por ANOVA (test de tukey; p-valor < 0,05).	52
Tabla 16 Superficie expuesta potencial en m ² /ha	53
Tabla 17 Interacción de la altitud y pendiente sobre SFEp (m ² /ha) en Albariño. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	54
Tabla 18 Peso de poda y peso por sarmiento según tratamiento (g)	55
Tabla 19 Interacción de la altitud y pendiente sobre la variable peso de poda (g). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	56
Tabla 20 Interacción de la altitud y pendiente sobre la variable peso de los sarmientos. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	57
Tabla 21 Superficie foliar expuesta potencial, Rendimiento y Superficie foliar expuesta potencial / Rendimiento (kg/m ²), según parcela	58
Tabla 22 Interacción de la altitud y pendiente sobre la relación SFEp/Rendimiento (kg/m ²). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	59
Tabla 23 Rendimiento, peso de poda e Índice de Ravaz según parcela.....	60
Tabla 24 Interacción de la altitud y pendiente sobre el Índice de Ravaz. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).	61

Tabla 25 <i>Interacción de la altitud y pendiente sobre el peso de baya Albariño (g). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	63
Tabla 26 <i>Interacción de la altitud y pendiente sobre SST (g/L). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	66
Tabla 27 <i>Interacción de la altitud y pendiente sobre el pH del mosto de Albariño. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	69
Tabla 28 <i>Interacción de la altitud y pendiente sobre la acidez titulable (gH₂SO₄/l) del mosto de Albariño. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	71
Tabla 29 <i>Interacción de la altitud y pendiente sobre el IPT (A280). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Distribución de viñedos del Uruguay.</i>	12
Figura 2 <i>Delimitación climática de las regiones vitícolas del Uruguay.</i>	13
Figura 3 <i>Regiones vitícolas del Uruguay.</i>	14
Figura 4 <i>Ubicación geográfica y unidades de la Región Vitícola Sierras del Uruguay (RVSU).</i>	15
Figura 5 <i>Racimos de Albariño. Racimo cónico con ala (izquierda) y racimo cónico (derecha).</i>	22
Figura 6 <i>Bayas típicas de Albariño.</i>	22
Figura 7 <i>Etapas fenológicas durante 6 temporadas de crecimiento en los cultivares Albariño (arriba) y Tannat (abajo) en Maldonado.</i>	23
Figura 8 <i>Ubicación del predio bajo estudio en Uruguay (izquierda) y ubicación de las parcelas bajo estudio en el viñedo (derecha).</i>	25
Figura 9 <i>Ubicación de las parcelas según altitud y grado de la pendiente en el viñedo bajo estudio.</i>	27
Figura 10 <i>Sensor de temperatura TinyTag instalado en el poste del viñedo.</i>	29
Figura 11 <i>Precipitaciones y temperatura media promedio registradas en la estación de crecimiento.</i>	34
Figura 12 <i>Distribución de los racimos a lo largo del pámpano.</i>	40
Figura 13 <i>Rendimiento por planta en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	43
Figura 14 <i>Número de racimos por planta en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	44
Figura 15 <i>Peso racimo (g) en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	45
Figura 16 <i>Peso sano (Kg/pl) y peso enfermo (Kg/pl) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	46
Figura 17 <i>Registro fotográfico donde se observan racimos de la variedad Albariño en una de las parcelas evaluadas.</i>	50
Figura 18 <i>SFEp (m²/ha) en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i> ..	54
Figura 19 <i>Peso de poda (g/pl) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).</i>	56

Figura 20 <i>Peso de sarmiento (g) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; p-valor<0,05).</i>	57
Figura 21 <i>Relación SFEp/Rendimiento (kg/m²) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; p-valor<0,05).</i>	59
Figura 22 <i>Índice de Ravaz en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; p-valor<0,05).</i>	60
Figura 23 <i>Peso de baya de Albariño en cosecha.</i>	62
Figura 24 <i>Evolución del peso por baya (g) de las parcelas.</i>	62
Figura 25 <i>Peso de baya en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; p-valor<0,05).</i>	63
Figura 26 <i>Evolución de los SST (g/L) de las parcelas.</i>	64
Figura 27 <i>Sólidos solubles totales a cosecha en las parcelas de Albariño.</i>	65
Figura 28 <i>Relación entre los sólidos solubles totales en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor< 0,05).</i>	66
Figura 29 <i>pH a cosecha de las parcelas de Albariño.</i>	67
Figura 30 <i>Evolución del pH de las parcelas de Albariño.</i>	67
Figura 31 <i>Relación entre el pH en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor< 0,05).</i>	68
Figura 32 <i>Acidez titulable (gH₂SO₄/l) de las parcelas de albariño a cosecha.</i> ..	70
Figura 33 <i>Evolución de la acidez titulable (gH₂SO₄/l) de las parcelas.</i>	70
Figura 34 <i>Relación entre la acidez titulable (gH₂SO₄/l) en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor< 0,05).</i>	71
Figura 35 <i>Riqueza polifenólica a cosecha en Albariño. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor< 0,05).</i>	72
Figura 36 <i>Polifenoles totales medidos a A280 (unidades de absorbancia) en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor< 0,05).</i>	73
Figura 37 <i>Análisis de componentes principales de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de pendiente.</i>	75
Figura 38 <i>Matriz de correlación general de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de pendiente.</i>	75
Figura 39 <i>Análisis de componentes principales de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de altitud.</i>	76
Figura 40 <i>Matriz de correlación general de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de altitud.</i>	77

RESUMEN

El ensayo se llevó a cabo en la temporada 2020-2021 al sureste de Uruguay, en el departamento de Maldonado, en un viñedo comercial cercano a Pueblo Garzón. El trabajo consistió en evaluar el comportamiento agronómico y potencial enológico de la variedad blanca, Albariño (*Vitis vinifera*. L). Este estudio constituye un antecedente de esta variedad promisoría a través del análisis de la respuesta varietal a diferentes condiciones geográficas de altitud y pendiente. Las hipótesis planteadas fueron: las diferentes condiciones topográficas influyen en la temperatura de las parcelas (meso-clima); las diferencias en altitud y pendiente y meso-clima influyen en el comportamiento agronómico (fenología, rendimiento) y potencial enológico (composición primaria y secundaria de la uva) de Albariño. El diseño experimental fue un relevamiento multisitio en donde cada parcela representa una situación topográfica tomado como tratamiento, sumando diez tratamientos en total con dos repeticiones por tratamiento, los cuales contaban con un sensor de temperatura (TinyTag). Los tratamientos se eligieron representando la distribución de los 4 puntos cardinales en el viñedo y a partir de las características de altitud y grado de pendiente se clasificó cada parcela en tres categorías; en base a la altitud (categoría baja: 72 - 95 msnm; categoría media: 96 - 117 msnm; categoría alta: 118 - 140 msnm) y grado de pendiente (categoría 1: 0 - 5,8°; categoría 2: 5,9 - 8,7°; categoría 3: 8,8 - 11,6°). Se realizó análisis macro-climático y meso-climático a través del cálculo de índices bioclimáticos. También se realizaron evaluaciones de crecimiento vegetativo, fenología, componentes del rendimiento, balance de la planta y potencial enológico (composición primaria y secundaria de la uva). Las diferentes condiciones topográficas influyeron sobre la temperatura de las parcelas, principalmente debido a la influencia de la altitud definida por la exposición al mar. El potencial agronómico y enológico de Albariño se vio influenciado por las diferencias en altitud y pendiente y meso-clima. En las parcelas situadas en condiciones de pendiente intermedia, se lograron mayores rendimientos (14500 kg/ha), menor peso enfermo y mayor cantidad de azúcares (202,5 g/l).

Palabras Clave: Albariño (*Vitis vinifera*. L), topografía, temperatura, mesoclima

ABSTRACT

The trial was executed in the 2020-2021 season in southeastern Uruguay, in the department of Maldonado, in a commercial vineyard near Pueblo Garzón. The work consisted in evaluating the agronomic performance and enological potential of the white variety, Albariño (*Vitis vinifera*. L). This document constitutes a background study of this promising variety through the analysis of the varietal response to different geographical conditions of altitude and slope. The hypotheses proposed were: different topographic conditions influence plot temperature (meso-climate); differences in altitude and slope and meso-climate influence the agronomic behavior (phenology, yield) and enological potential (primary and secondary grape composition) of Albariño. The experimental design was a multisite survey where each plot represents a topographic situation taken as a treatment, adding ten treatments in total with two replications per treatment, which had a temperature sensor (TinyTag). The treatments were chosen to represent the distribution of the 4 cardinal points in the vineyard and, based on the characteristics of altitude and slope, each plot was classified into three categories; based on altitude (low category: 72 - 95 masl; medium category: 96 - 117 masl; high category: 118 - 140 masl) and slope (category 1: 0 - 5.8°; category 2: 5.9 - 8.7°; category 3: 8.8 - 11.6°). The analysis of macro-climatic and meso-climatic was made from the calculation of bioclimatic indices. Vegetative growth, phenology, yield components, plant balance and enological potential (primary and secondary grape composition) were also evaluated. The different topographic conditions influenced the temperature of the plots, mainly due to the influence of altitude defined by exposure to the sea. The agronomic and enological potential of Albariño was influenced by the differences in altitude and slope and meso-climate. In plots located in intermediate slope conditions, we observed the achievement of higher yields (14500 kg/ha), lower disease weight and higher sugars (202.5 g/l).

Key words: Albariño (*Vitis vinifera*. L), topography, temperature, mesoclimate

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la uva para la elaboración de vino es una actividad desarrollada en la mayor parte de los departamentos de Uruguay, concentrándose principalmente en el Sur del país. Se pueden encontrar viñedos en casi todo el país gracias a las óptimas condiciones agro-ecológicas (de clima como temperatura, radiación y precipitación, como de suelos) que el cultivo de vid requiere para el correcto desarrollo de todas sus fases.

La región vitivinícola del este del país es una zona emergente en la producción de uva para vino. La misma incluye a los departamentos de Rocha y Maldonado, siendo este último según el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI, 2022), el cual marca un incremento en los últimos 10 años en número de viñedos y superficie plantada de 3,4 % y 7% respectivamente. Esta región presenta características ambientales diferentes a la zona tradicional del país, dada por la influencia marítima, que origina un clima oceánico, mayor altitud y diversidad geológica y por tanto de suelos.

Albariño (*Vitis vinifera*. L) es una variedad que ha tomado relevancia en Uruguay. En superficie se encuentra en el lugar N°10 a nivel nacional y en el lugar N°4 dentro de las variedades de uva blanca plantadas (INAVI, 2022). Es una variedad de uva blanca reconocida por dar vinos de alta calidad y con potencial de adaptación a las condiciones ambientales del país. Al ser la principal variedad de Galicia (España), especialmente en la Denominación de Origen Rías Baixas, se considera que puede estar bien adaptada a las condiciones climáticas húmedas durante la maduración de su fruto.

En este trabajo el objetivo es evaluar el potencial agronómico y enológico de la variedad Albariño (*Vitis vinifera*. L) en la región Este de Uruguay. De esta manera, se constituye un antecedente de estudio de esta variedad promisoría bajo condiciones de cultivo comercial, a través del análisis de la respuesta varietal a diferentes condiciones de altitud y pendiente.

Con respecto al objetivo mencionado, se plantean las siguientes hipótesis:

- Las distintas condiciones topográficas de la región Este del país influye en la temperatura de las parcelas en las diferentes zonas (meso-clima).
- Las diferencias geográficas de las parcelas (en cuanto a altitud y pendiente) y del meso-clima influyen en el potencial agronómico y enológico de la variedad Albariño en la región.

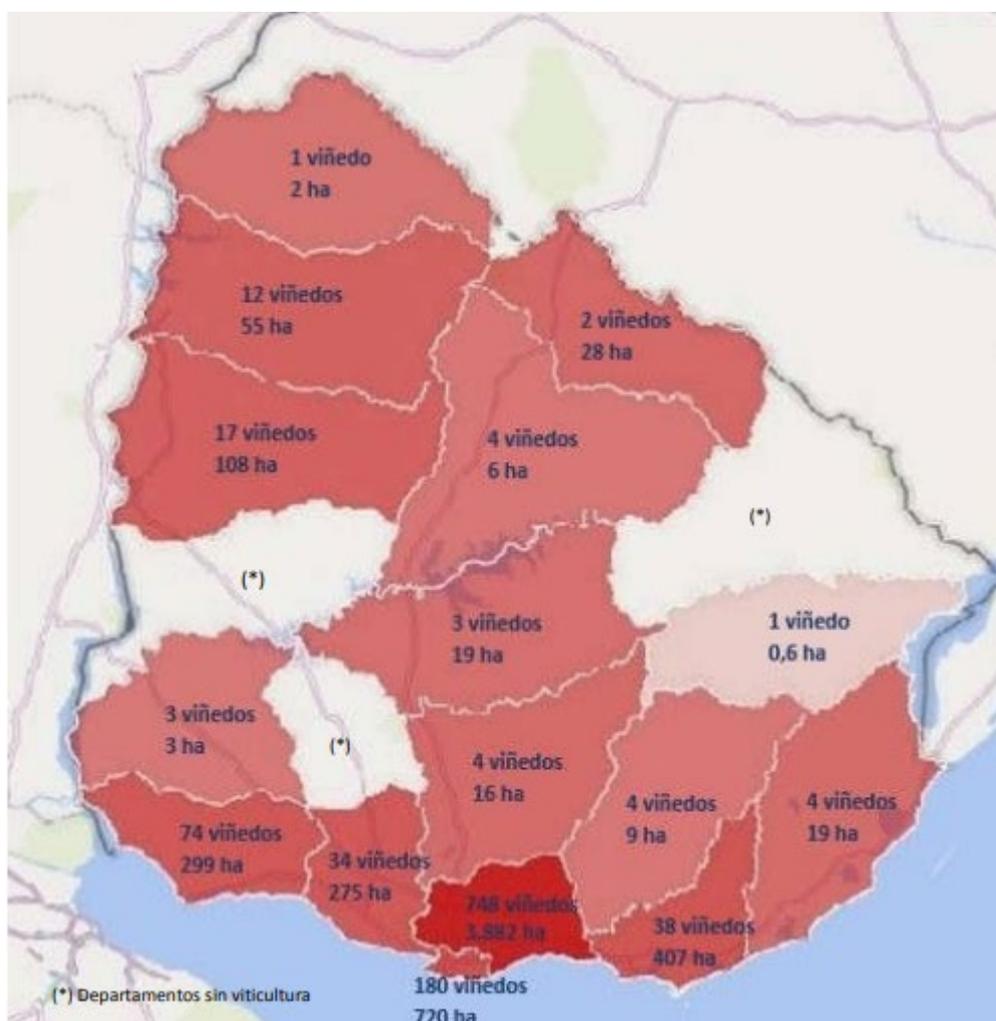
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos Generales de la Vitivinicultura en Uruguay

La viticultura se introdujo en Uruguay a partir de la inmigración de los europeos a mediados del siglo XVII y fue a partir de la década del setenta del siglo XIX que los españoles comenzaron a establecer la viticultura hacia el suroeste de Uruguay (Baptista, 2015). Hoy en día, la viticultura en Uruguay cuenta con un total de 1129 viñedos registrados vigentes que representan 5848 hectáreas (Figura 1). El 91,8 % de los viñedos se distribuyen principalmente en el sur del país (88,5% de la superficie en los Departamentos Canelones, Montevideo, Colonia y San José). La zona emergente vitivinícola del Este, actualmente representa 407 hectáreas, que equivalen al 7 % de la superficie total (departamento de Maldonado). En términos de producción, la nueva región representa 3.492.571 kg de uva, lo que significa 3,3 % de la producción total (INAVI, 2022).

Figura 1

Distribución de viñedos del Uruguay.



Nota. Tomado de INAVI (2022).

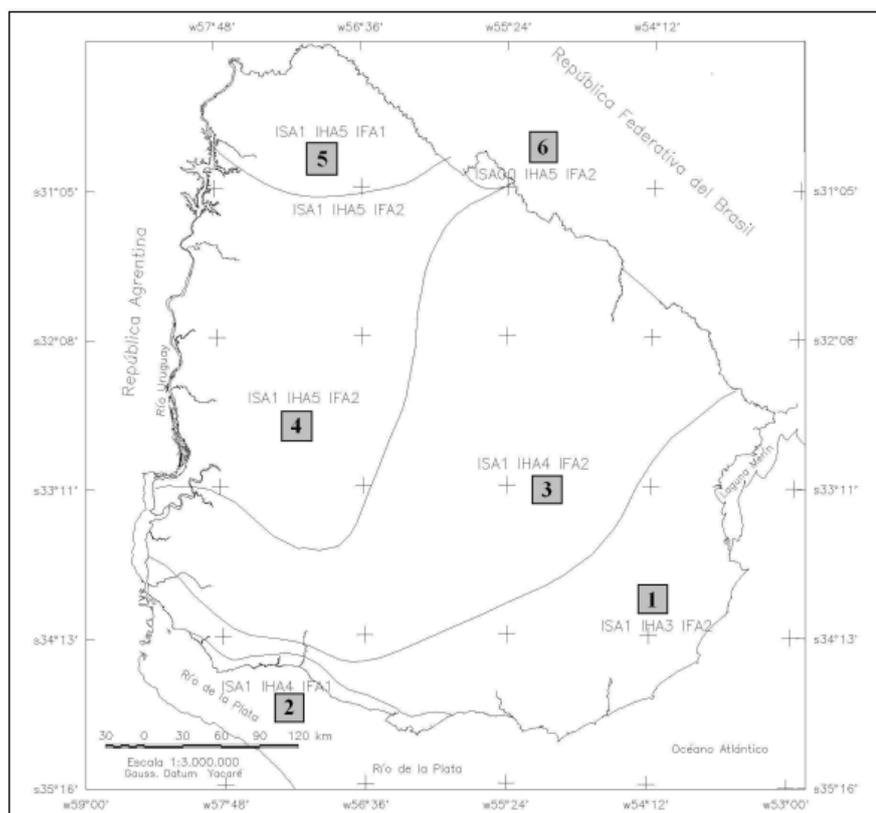
2.1.1. Regiones Vitivinícolas

Existen trabajos de regionalización vitícola en el país, que delimitan zonas con diferentes potenciales en base a factores climáticos y de suelo.

Ferrer et al. (2007) propone una regionalización climática de Uruguay, en el cual delimita seis zonas (Figura 2). El mismo es realizado en base a los índices climáticos vitícolas según el sistema de Clasificación Climática Multicriterios propuesto por Tonietto (1999) y Tonietto y Carbonneau (2004) y toma en cuenta el ciclo del cultivo en las condiciones de Uruguay y la capacidad de reserva de agua de los diferentes suelos.

Figura 2

Delimitación climática de las regiones vitícolas del Uruguay.



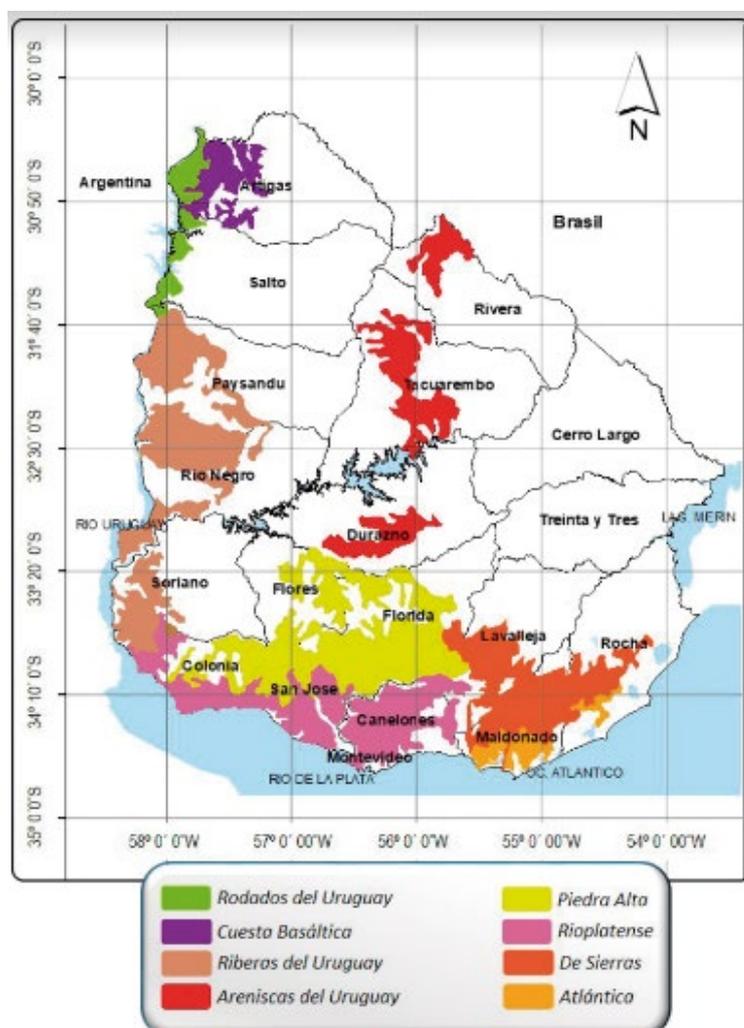
Nota. Tomado de Ferrer et al. (2007).

La zona de estudio se encuentra comprendida en la zona ISA1 IHA3 IFA2. La misma se corresponde con un clima templado, de noches templadas, sequía moderada, flanqueado por una cadena de serranías de baja altitud y sometida a la influencia del Océano Atlántico y el Río de la Plata. Las condiciones presentadas en dicha zona son favorables para la maduración de la uva y para la expresión de los componentes de calidad (Ferrer et al., 2007).

Fourment et al. (2020), en la evaluación climática de la región sureste de Uruguay, promediaron seis temporadas llegando a un índice bioclimático de Huglin de 2080 por lo que clasificaron a la zona dentro de la clase "clima templado" (Tonietto, 1999), y la temperatura promedio en las seis temporadas fue de 18,9°C.

Silva et al. (2018) zonificaron los suelos bajo viña en Uruguay superponiendo la distribución de los viñedos y el mapa de regiones geomorfológicas del Uruguay. De esta forma delimitaron y conformaron 8 regiones geomorfológicas con viñedos del Uruguay (Figura 3). La diversidad de litologías en los materiales geológicos generadores de suelos junto con la topografía local y la variación del drenaje natural, determinan la heterogeneidad de suelos en Uruguay. Los suelos bajo viñedos presentan características similares, se destacan por ser en su mayoría, suelos con horizonte superficial oscuro, ricos en materia orgánica, bien estructurados, con presencia generalizada de horizontes subsuperficiales de textura fina, alto contenido de arcilla y poco permeables. Las excepciones se encuentran en suelos derivados de materiales generadores areniscosos y otros suelos desarrollados sobre formaciones superficiales en la zona serrana de sustrato rocoso metamórfico.

Figura 3
Regiones vitícolas del Uruguay.

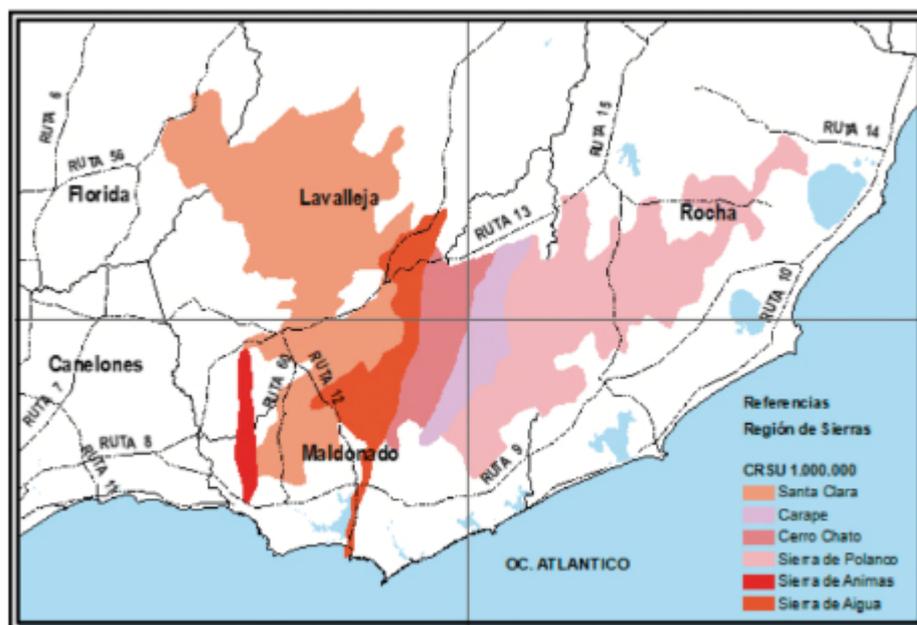


Nota. Tomado de Silva et al. (2018).

La zona de estudio se encuentra en la región vitícola Sierras del Uruguay (RVSU) según la clasificación de Silva et al. (2018). Presenta un relieve fuertemente ondulado, con pendientes que van desde 5-10 % hasta 20-30 %, la altitud varía entre los 100 y 500 msnm. En esta región se encuentran 6 unidades cartográficas, siendo la unidad Sierra de Polanco en la cual se encuentran los viñedos en estudio (Figura 4). La misma presenta un relieve de sierras no rocosas y suelos Brunosoles Subeutricos Típicos y Hálpicos originados de Basamento Cristalino.

Figura 4

Ubicación geográfica y unidades de la Región Vitícola Sierras del Uruguay (RVSU).



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

2.1.2. Aspectos Generales Sobre las Variedades Implantadas

Según datos estadísticos nacionales (INAVI, 2022), las variedades que ocupan mayor superficie de implantación en el territorio son Tannat, Moscatel de Hamburgo, Merlot y Ugni blanc. La variedad Tannat es la que predomina en los departamentos, inclusive en Maldonado (108 hectáreas) y la variedad Albariño se posiciona segunda en dicho departamento, con 55 hectáreas. Las variedades antes mencionadas se encuentran principalmente conducidas en espaldera alta y sobre portainjerto SO4 de origen certificado.

2.2. Abordaje del Estudio de Clima en Viticultura

2.2.1. Influencia de los Diferentes Componentes del Clima (T, R, PP)

Temperatura:

La influencia de la temperatura sobre la fisiología de la vid es importante y depende de la etapa de desarrollo en la que se encuentre. En el período de vegetación la vid se congela hacia los -1 a -1,5°C, en la etapa de reposo invernal

resiste los -15°C , concretamente, hasta -12°C las yemas y de -16 a -30°C la madera de acuerdo a Hidalgo (2002).

Martínez de Toda (1991) señala las temperaturas óptimas para la vid en función de la etapa de desarrollo en que se encuentre. Así, temperaturas entre $9 - 10^{\circ}\text{C}$ favorecen la apertura de yemas y la brotación, entre 18 a 22°C para la floración, 22 a 26°C de floración a cambio de color de la uva (envero), de 20 a 24°C de cambio de color a maduración y de 18 a 22°C en vendimia.

La *Vitis vinifera* L. tiene requerimientos de frío (temperaturas medias diarias de $8 - 10^{\circ}\text{C}$ inducen la brotación y el crecimiento de los brotes, además de brotaciones más rápidas y uniformes) y de calor (el crecimiento se acelera con el aumento de la temperatura, hasta un óptimo de 25 a 30°C , pero se ralentiza y cesa con temperaturas de 38°C) (Keller, 2007).

Las altas temperaturas producen efectos sobre la vid y la uva, tales como adelanto de los estadios fenológicos, aceleración de la maduración tecnológica de la uva (elevado grado alcohólico, baja acidez, elevado pH), aumento de fenómenos de deshidratación, golpe de sol y quemado de racimos. Temperaturas menores a 15°C o mayores a 35°C pueden reprimir las divisiones celulares y limitar la expansión celular, limitando el tamaño de las bayas, especialmente durante el período herbáceo de éstas, antes del envero. El rango de temperatura óptimo para la fotosíntesis de las hojas de vid es de 25 a 30°C , esto es importante para la maduración de la uva ya que es responsable de la acumulación de azúcares en la baya. La acidez es importante en la calidad de la uva y el vino, la misma está compuesta principalmente por ácido tartárico y málico. El rango óptimo para la acumulación de málico es de 20 a 25°C y cuando las temperaturas son superiores a 38°C la síntesis disminuye (Martínez de Toda, 2019).

Hidalgo Togores (2006) señala que la disminución de la acidez a lo largo de la maduración de la uva se debe a tres factores: salificación de los ácidos de la baya principalmente por formación de sales potásicas, por combustión respiratoria donde se consume principalmente el ácido málico (ácido menos estable) siendo mayor la combustión de éste cuanto mayor es la temperatura, y por dilución por el aumento de los azúcares que se van acumulando en la baya durante el proceso de maduración.

La formación de metabolitos secundarios, en particular de compuestos fenólicos se ve inhibida por temperaturas bajas y por temperaturas altas superiores a los 35°C . Así mismo, si durante la maduración de la uva se presentan condiciones de alternancia de temperaturas altas y bajas durante el día y la noche, la acumulación de polifenoles se ve muy favorecida, según Hidalgo Togores (2006).

Las bajas temperaturas pueden limitar el crecimiento de la vid, disminución de carga y transporte por el floema y cuando las temperaturas son demasiado bajas puede haber daño de los tejidos de la planta, los órganos jóvenes son sensibles a las heladas (Keller, 2007).

Radiación:

La luminosidad, medida como horas de sol e intensidad de la radiación solar es de relevancia y tiene un gran impacto en el crecimiento de las plantas.

Tiene relación directa con la intensidad fotosintética que determina el nivel de azúcares en los frutos y el color (Santibáñez et al., 1989).

La vid es una planta que necesita de abundancia de luz para su desarrollo ya que es fuente de energía e información. Es por esto que necesita para su crecimiento un mínimo de 1200 horas durante el período de vegetación, dependiendo de la latitud del viñedo (Hidalgo, 2002).

El balance de radiación es el resultado de la interacción entre el área foliar y la radiación que la atraviesa pero que a su vez está condicionado por varios factores como son la posición del sol, latitud, día del año, hora del día, cobertura de nubes, factores geométricos como la forma y dimensiones del follaje, la separación y orientación entre hileras, área foliar externa y total, entre otros (Baeza et al., 2010). La orientación de las filas determina la cantidad de radiación solar interceptada por la cubierta vegetal, la orientación que permite la máxima interceptación es la norte-sur (Baeza et al., 2001).

La superficie foliar expuesta real (SFE_r) es un estimador de la superficie realmente expuesta a la luz. La misma es el resultado de la radiación interceptada por el follaje y la superficie foliar total (Carbonneau, 1995). El límite superior de la productividad del viñedo está dado por la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por las plantas. La estructura y distribución espacial del follaje influye sobre la interceptación y por lo tanto, en la productividad de la planta (Keller, 2007).

La exposición de la fruta a la radiación es importante para la toma de color como para la producción de taninos y control de enfermedades. La excesiva exposición de la fruta a la radiación solar puede resultar en daño por calor, quemaduras solares y acumulación de compuestos fenólicos más allá de los deseados, sobre todo en uvas blancas (Keller, 2007). Jones y Davis (2000) mencionan que los niveles de insolación junto con temperaturas mayores a 30°C durante el envero promueven el crecimiento de las bayas. Price et al. (1995) observaron diferencias en la morfología de racimos provenientes de diferentes exposiciones. Racimos totalmente expuestos y sombreados mostraron menor peso y tamaño que los expuestos a intensidades de luz moderadas. Los racimos sombreados contaron con menor cantidad de bayas, pero con mayor peso que las bayas de racimos expuestos a mayor radiación por lo que el menor peso de los racimos se debió al menor número de bayas por racimo. El menor peso de los racimos expuestos se debió al menor tamaño de baya. Una alta exposición de los racimos a la radiación solar puede favorecer la degradación del ácido málico ya que la temperatura de las bayas aumenta como consecuencia de la alta radiación solar. También la alta exposición del racimo a la luz solar puede aumentar la acumulación de taninos en el hollejo y la polimerización de dichos taninos (Martínez de Toda, 2019).

Precipitaciones:

Las necesidades hídricas del cultivo de la vid durante su ciclo de crecimiento rondan entre 450 y 550 mm de agua (Deloire y Pellegrino, 2021). Los requerimientos de agua de la vid dependen de la etapa fenológica, siendo la floración - envero el período más exigente. Durante la precosecha, condiciones de altas precipitaciones, alta humedad relativa, entre otras favorecen el desarrollo de

Botrytis cinerea, agente causal de la podredumbre gris, el cual tiene un impacto negativo en la calidad de la uva y el vino (Ferrer et al., 2017).

El régimen hídrico tiene un rol importante en el crecimiento y desarrollo de la vid y es esencial sobre la maduración de la baya, dado que en estas instancias un estrés hídrico moderado favorece la acumulación de azúcares y metabolitos secundarios (Carbonneau, Shellie, Castellarin et al., Cohen et al., van Leeuwen et al., como se cita en Fourment, 2016).

El estado hídrico durante el período de cuajado a envero tiene gran influencia sobre el rendimiento de la planta por el efecto que tiene sobre el tamaño de la baya, afectando el volumen celular de estas. Dicho efecto es irreversible, aunque la restricción se interrumpa desde envero a la madurez (Ojeda, 2007). Martínez de Toda (2011) menciona que la disponibilidad de agua en el momento de división celular define el tamaño de baya dado por el número de células y por la extensibilidad de éstas. La ausencia de restricción hídrica durante el período de envero - maduración/cosecha produce aumento del vigor de las plantas favoreciendo el aumento del rendimiento, pero disminuye la acumulación de polifenoles y azúcar, por el efecto dilución dado el aumento del tamaño de la baya. Por otro lado, una restricción hídrica progresiva hacia el período de maduración, disminuye el tamaño de la baya y por consiguiente el rendimiento, pero favorece la concentración de polifenoles y azúcares. La ausencia total de restricción de agua en el viñedo produce vinos de tipo herbáceos, diluidos y ácidos. Una restricción muy severa genera vinos tintos muy tánicos, astringentes, alcohólicos y los vinos blancos pierden gran parte de sus aromas. En estados hídricos intermedios (-0,4 a -0,6 MPa) los vinos que se obtienen son más equilibrados, con mayor expresión de la fruta y más concentrados (Ojeda, 2007).

2.2.2. Escala de Estudio (macro, meso y microclima)

Macroclima

Se considera macroclima al clima de una región extensa (por ejemplo, un continente) durante un largo período de tiempo, generalmente el promedio de 30 años o más mediante datos recopilados en una o varias estaciones meteorológicas. El macroclima varía principalmente por la ubicación geográfica (latitud, altitud, distancia a grandes masas de agua) (Keller, 2007).

Quénol (2011) explica que diferentes relieves, vegetación, infraestructura, entre otros, modifican el comportamiento de las variables climáticas y es por esto que es posible definir climas regionales. En este sentido define la escala regional con un alcance de hasta 100 Km.

Mesoclima

El mesoclima o clima regional (zonas menores a 50 km) es el clima que domina una zona de cultivo, un valle agrícola o un bosque, y es influenciado por las características topográficas (pendiente, exposición, orientación y altura del terreno), el uso de suelo, los cuerpos de agua, el movimiento del aire, la cubierta vegetal y nubosidad. Estas diferencias climáticas en escalas locales pueden causar diferencias significativas en la fenología de los cultivos vitícolas (Cabello-Pasini et al., 2017).

La extensión de un mesoclima puede ser desde cientos de metros hasta varios kilómetros. Este clima es relevante para la selección del lugar del viñedo (Keller, 2007).

Quénol (2011) define la escala topoclima con un alcance de 1 a 10 Km.

Para el monitoreo del clima a nivel local o a nivel de las parcelas se instalan sensores (por ejemplo, TinyTag) distribuidos de forma representativa del lugar y se registran temperaturas diarias (día y noche).

Microclima

Es el clima inmediato al follaje o dentro de un viñedo. Puede variar según la arquitectura de la planta (sistema de conducción) y gestión del follaje (por ejemplo, deshojes). Debido en gran parte a la presencia de hojas, las diferencias en el microclima pueden ocurrir desde unos pocos centímetros hasta cientos de metros. Este es el clima que puede ser influenciado por las prácticas culturales del viñedo (Keller, 2007).

La escala definida para el microclima es de 10 a 100 metros (Quénol, 2011).

Para la obtención de información necesaria para el estudio del microclima en el interior de la canopia y a nivel del racimo, existen instrumentos, sensores (por ejemplo, HOBO) que monitorean y registran datos de temperatura, humedad, con frecuencia horaria o cada 15 minutos.

2.2.3. Ejemplos de Estudios del Impacto del Meso-clima en la Vid

Hunter et al. (2016) estudian el efecto de la orientación de las hileras en *Vitis vinifera* L. cv Syrah en Sudáfrica. Estos autores encuentran que las filas o hileras orientadas NW - SE y EW experimentaron mayor velocidad del viento respecto a las otras orientaciones. La mayor velocidad del viento afecta el enfriamiento y secado más rápido de las uvas disminuyendo el riesgo de enfermedades (*Botrytis cinerea* y *Plasmopara viticola*). Sin embargo, mencionan que debe tenerse en cuenta que los vientos cálidos pueden provocar deshidratación de las bayas y el riesgo de pérdida de peso. Las hileras orientadas EW interceptaron la menor cantidad de luz, siendo la orientación NS la que mostró la mayor interceptación de luz y una fotosíntesis más uniforme, esto último también ocurre en la orientación NW - SE.

Bonnardot et al. (2012) evalúan la variabilidad climática espacial en la región vitivinícola a escala fina en Sudáfrica. Mencionan que la variabilidad espacial de las temperaturas mínimas nocturnas se explica principalmente por la elevación del viñedo y en menor medida por la pendiente, latitud y longitud. La variación de temperatura con el cambio de elevación fue mayor durante condiciones de clima radiactivo, fenómenos de inversión térmica y drenaje de aire frío cuesta abajo.

Nadal et al. (2011) evalúan los efectos del cambio climático en la fenología y producción de la variedad Cariñena en las regiones D.O.Ca Priorat y Tarragona. Se instalaron los ensayos en parcelas situadas en zonas de diferente mesoclima. No encontraron diferencias significativas en fenología, peso de los racimos, rendimiento o superficie foliar, pero sí hallaron diferencias en el peso de las bayas y fueron atribuidas al efecto del mesoclima. Lo mismo ocurrió con la

relación Índice Ravaz, siendo las que se encontraban en mayor altitud las que presentaron un mayor desequilibrio.

Fourment et al. (2022) evalúan el efecto del mesoclima en el comportamiento de Albariño al Este de Uruguay. Los resultados obtenidos muestran que en las parcelas con pendientes más pronunciadas se logra mayor acidez (5.62 g/l) y en las parcelas con elevaciones más bajas las bayas lograron una riqueza fenólica mayor (29.8 PR).

Fourment et al. (2017) evalúan las respuestas de la composición de la uva Tannat a la variabilidad espacial de la temperatura en la región vitivinícola costera de Uruguay y encontraron que la composición secundaria de las bayas respondió a la temperatura y dicha relación varía dependiendo del año. Los resultados muestran que las parcelas más alejadas del río acumulan más calor el cual repercute en la degradación de la acidez por las altas temperaturas, esto genera bayas menos ácidas y menor contenido de polifenoles en cosecha. También mencionan que las parcelas más frías durante la noche fueron las que en cosecha mostraron niveles más altos de riqueza polifenólica.

Fourment (2016) menciona el efecto moderador térmico de la brisa de mar el cual se ve reflejado en la amplitud térmica de las parcelas. Las parcelas más cercanas al mar y con exposición al Río de la Plata registran menor amplitud térmica (AT) y por el contrario las más alejadas registran mayor AT.

Fourment et al. (2014), en el estudio de la circulación atmosférica y sus impactos en el viñedo costero del sur de Uruguay, identifican que el impacto de la brisa marina se registra hasta 30 km dentro del viñedo. El efecto del estuario del Río de la Plata logró el descenso de la temperatura más de 4°C entre las 10 y 14 hs en todas las parcelas orientadas al sur durante el día más caluroso del verano. Dichas parcelas muestran temperaturas máximas más bajas y temperaturas mínimas más altas, así como una amplitud térmica más baja. Este efecto se vio poco marcado en las parcelas más alejadas del mar y con exposición de la pendiente hacia el norte. El efecto de la brisa marina en la temperatura podría reducir el estrés térmico para la fotosíntesis y ser beneficiosa para el desarrollo de los componentes primarios y secundarios de la uva.

2.3. Variedad Albariño

2.3.1. Origen e Importancia Económica en Uruguay

A pesar de los cambios ocurridos en la viticultura, todavía hay aspectos o situaciones que permanecen, como es la introducción de nuevas variedades que provienen desde otros países, como es el caso de Albariño (*Vitis vinifera*. L). Esta variedad de uva blanca proviene de España, más precisamente de Galicia (Otero-Mazoy et al., 2010). En su lugar de origen, Albariño ocupa un lugar muy importante en el “Valle del Salnés” que es la subzona de la Denominación de Origen Rías Baixas donde se destaca como la variedad más representativa, siendo un 97% de la producción total (Reglamento de la denominación de origen Rías Baixas y su consejo regulador, 2009).

La D. O. Rías Baixas es una zona de producción donde la altitud no supera los 300 metros sobre el nivel del mar, se encuentra cercana al mar y está asociada a cursos fluviales. La influencia atlántica le otorga características climáticas de temperaturas suaves y precipitaciones elevadas y bien distribuidas, con una disminución del contenido hídrico hacia el verano (Vivero, 2021).

Pérez-Gregorio et al. (2012) en la caracterización bioclimática de la D.O Rías Baixas describen la zona de clima oceánico, de temperaturas medias de 16,20°C y precipitación anual de 1702,14 mm, lográndose precipitaciones de 667,17 mm durante el ciclo vegetativo.

Albariño es una variedad con gran potencial enológico para nuestras condiciones agro-ambientales. La misma es reciente en nuestro país, las primeras plantaciones datan de 10 años atrás (INAVI, 2022). En la actualidad, Albariño ocupa 95,2 hectáreas, con una producción total anual de 696.391 kilogramos (INAVI, 2022). Se encuentra plantada principalmente en Maldonado y Canelones siendo mayormente al Este del Uruguay, lugar no tradicional de la viticultura en el país. Tachini (2021) definió un nuevo terroir vitícola en la zona atlántica de Uruguay. En un estudio meso climático constató que dicha región fue 0,6 °C más fresca durante el ciclo vegetativo comparado con la región sur de Uruguay, como consecuencia de la cercanía a las masas de agua con su efecto moderador sobre la temperatura. Las condiciones de temperatura durante el período vegetativo y la maduración de la uva son determinantes porque influyen sobre los metabolitos primarios y secundarios que son importantes en la composición de la uva y el vino (Fourment et al., 2014). En base a estas condiciones, la producción de Albariño en el Este de Uruguay, dada por la influencia del océano, podría expresar las características de su zona de origen. Del punto de vista comercial reviste interés por la cercanía a Punta del Este y la importancia en el turismo y en el enoturismo.

2.3.2. Aspectos Agronómicos del cv. Albariño

La variedad Albariño cuenta con racimos pequeños y de pedúnculo corto. Las bayas también son de tamaño pequeño, circulares y con hollejo grueso. En cuanto a la maduración, la misma ocurre hacia finales de agosto o principios de septiembre en el hemisferio norte (Vivero, 2021).

Es una variedad de vigor medio y porte entre semierguido y horizontal. Presenta fertilidad de yemas alta. Es una variedad poco sensible a *Botrytis cinerea*, bastante resistente al mildiu y es muy sensible al oídio (García, 2018). Alonso-Villaverde et al. (2011) demostraron que la susceptibilidad de la variedad

Albariño a *Plasmopara viticola* depende del clon en cuestión ya que encontraron diferencias en el grosor de los mesófilos de la hoja de los distintos clones.

Martínez-Rodríguez et al. (2009) estudiaron el comportamiento agronómico y enológico de clones seleccionados de Albariño. Los resultados mostraron que la mayoría de los clones presentaron racimos cónicos, con un ala y de compacidad media, mientras que el resto presentaron racimos cónicos, compactos y de tamaño pequeño (Figura 5). Las bayas son de forma esférica, uniformes, de color verde amarillento, con pulpa blanda, no coloreada, jugosa pero sin ningún sabor en particular, sección transversal de la baya circular, pruina media, ombligo poco aparente, separación del pedicelo media y presencia de anillo (Figura 6). También mencionan número de bayas promedio por racimo (157), peso de la baya (1,23 g), número de semillas por baya (2,15) y peso de semillas (0,027 g).

Figura 5

Racimos de Albariño. Racimo cónico con ala (izquierda) y racimo cónico (derecha).



Nota. Tomado de Martínez-Rodríguez et al. (2009).

Figura 6

Bayas típicas de Albariño.

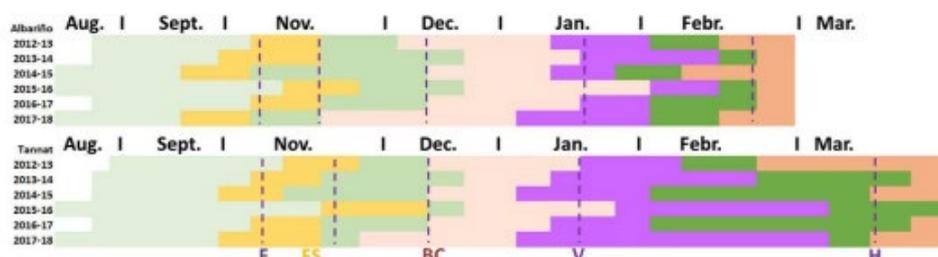


Nota. Tomado de Martínez-Rodríguez et al. (2009).

Fourment et al. (2020), durante 6 temporadas comparan los cultivares Albariño y Tannat respecto a sus fases fenológicas y encontraron características similares (Figura 7), teniendo un ciclo de desarrollo intermedio. Por otra parte, las vendimias de Albariño se realizaron en promedio alrededor del 25 de febrero en el este del país. Cabe destacar que las fechas de cosecha se decidieron en función de sus componentes primarios para un vino de calidad sin el criterio de alcanzar la madurez tecnológica. También encontraron que dicha variedad muestra sensibilidad a las variaciones climáticas interanuales, las cuales se ven reflejadas en su fenología según muestra en la Figura 7.

Figura 7

Etapas fenológicas durante 6 temporadas de crecimiento en los cultivares Albariño (arriba) y Tannat (abajo) en Maldonado.



Nota. F= Floración, FS= Cuajado, BC= Cierre de racimo, V= Envero y H= Cosecha. Tomado de Fourment et al. (2020).

INAVI (2022) reporta los datos nacionales de productividad de Albariño, siendo estos 1,68 Kilogramos por planta y 7315 Kilogramos por hectárea. A nivel departamental los datos de Kg/pl pueden variar desde 1,21 a 2,66 y en rendimiento por hectárea desde 4485 a 11992 kg/ha.

Tachini (2021) evaluó la variedad Albariño en el Este de Uruguay y en el promedio de dos temporadas reportó un rendimiento 1,96 kg/pl.

En la región que produce más Albariño (Galicia, España), Cancela et al. (2016) reportan los siguientes datos de promedio de tres temporadas en viñedos bajo riego por goteo superficial, rendimiento 5,67 kg/planta, 68 racimos/planta, 95,68 gramos/racimo, 2,64 kg de peso de poda/planta, 2,8 de índice Ravaz.

García (2018) evalúa la variedad Albariño bajo diferentes sistemas de conducción (cordón libre, el método Sylvoz, Pérgola 1 metro, Pérgola 2 metros, GDC y el Parral). En el cálculo de la Superficie Foliar Expuesta (SFE) los sistemas de conducción que mostraron mayores valores fueron el cordón libre y GCD siendo 28700 m²/ha y 24900 m²/ha respectivamente. El resto de los sistemas de conducción se encuentran entre los 10000 y 14000 m²/ha, siendo en el parral de 8800 m²/ha.

Junquera et al. (2015) evalúan alternativas de sistemas de conducción de Albariño en parral y encontraron que bajo un sistema en Lira el rendimiento fue mayor, seguido por el Parral y la Espaldera. Estas diferencias se debieron al peso del racimo el cual estaba determinado por el número de bayas y no por el peso de éstas las cuales promediaron 1,22 gramos/baya, siendo el número de bayas por racimo 99 en parral, 106 en lira y 91 bayas en espaldera. En todos los sistemas de conducción evaluados se obtuvieron en promedio 2 racimos/brotos. También se logró disminuir el vigor en los sistemas de división de la canopia en dos planos, cuantificando 6,7 brotes/m². Además, con la división de la canopia se hallaron concentraciones de azúcar similares al parral (20,7 °Brix) pero mayor pH (3,07).

Mirás Avalos et al. (2012) evalúan el efecto del riego en Albariño conducida en espaldera e injertada en 196-17C, con dos goteros autocompensantes por planta, con un caudal de 4L/h colocados a 25 cm a cada lado del tronco de la cepa. La variedad no mostró diferencias significativas entre los tratamientos riego y secano,

obteniéndose en promedio 54,10 y 53,83 racimos/planta, 6,95 y 5,94 Kg/planta, 126,89 y 111,81 g/racimo, 1,47 y 1,28 Kg madera de poda/planta, respectivamente.

Boso et al. (2008) estudian la influencia de los portainjertos sobre la variedad Albariño. Los resultados muestran que no hay influencia de los portainjertos sobre algunas variables agronómicas como la fenología, tamaño (ancho racimo 8,16 cm) y peso de racimo (126,76 g), número de bayas por racimo (83,34) fertilidad de yemas (racimos/sarmiento 1,44), rendimiento, tamaño y peso de baya (1,21 g). Sin embargo, si hubo influencia sobre el grado alcohólico probable, acidez total del mosto y peso de la madera de poda. La influencia del portainjerto SO4 mostró diferencias significativas otorgando mosto con menor grado alcohólico y mayor acidez total, y mayor vigor.

Según Hidalgo (2002), en la D.O Rías Baixas la densidad de plantación es de 600 a 2700 plantas por hectárea. La conducción de las plantas es principalmente en espaldera o parral. La poda se da con variantes entre guyot, 35 yemas por planta en espaldera y poda guyot, 70 yemas por planta cuando el sistema de conducción es el parral. El número máximo de yemas para Albariño son 70.000 yemas por hectárea, con un rendimiento máximo de 11000 Kg/ha.

2.3.3. Aspectos Enológicos del cv. Albariño

Fourment et al. (2022), en el promedio de tres temporadas de análisis de los componentes principales de la composición de la baya Albariño al este de Uruguay, obtienen en promedio en cosecha los siguientes valores, acidez titulable de 5,2 g/L, sólidos solubles 216 g/l, pH 3,2 y riqueza polifenólica de 30 PR.

Es una variedad que da lugar a vinos aromáticos, con sensaciones frutales y florales. Generalmente los vinos elaborados con Albariño alcanzan graduaciones de en torno a los 14 grados y una acidez total entre 6 y 8 g/L de ácido Tartárico (Vivero, 2021).

García (2018) caracteriza enológicamente la variedad Albariño bajo diferentes sistemas de conducción (Cordón libre, Sylvoz, Pérgola 1 metro, Pérgola 2 metros, GDC y Parral) en el estudio anteriormente citado y menciona no encontrar diferencias significativas en los valores de sólidos solubles totales 20,6 °Brix, acidez total 13,40 g/L, 7,7 g/L ácido tartárico, pH 2,92 en los diferentes sistemas de conducción.

Cancela et al. (2016), para Albariño de Galicia en promedio de tres temporadas reportan mostos con acidez total de 10,46 medido como tartárico g/L y pH de 3,02.

Mirás Avalos et al. (2012), en la evaluación del efecto riego sobre Albariño en D.O. Ribeiro, mencionan que no se obtienen diferencias significativas en los parámetros cualitativos del mosto en los ensayos con riego y seco. Los mismos tienen un promedio de 13,70 y 13,90 % de alcohol probable, 3,41 y 3,39 pH, 5,83 y 5,93 de acidez total medida como g/tartárico/L, en riego y seco respectivamente.

Zamuz et al. (2006) cuantifican el potencial aromático de albariño y destacan que los compuestos aromáticos se encuentran mayormente ligados respecto a las formas libres, lo que se corresponde con una variedad de calidad. Además, mencionan que el aroma general de los mostos fue principalmente afrutado seguido del floral.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se enmarca en un proyecto de la Comisión Sectorial de Investigación Científica Vinculación Universidad con el Sector Productivo (CSIC VUSP) titulado “Evaluación del meso-clima en viticultura para la adaptación de medidas de manejo sustentables en la zona este del país”. En dicho proyecto los cuadros de vid se eligieron en situaciones geográficas contrastantes con el fin de analizar el topo-clima y la respuesta varietal al ambiente.

3.1. Región de Estudio

El trabajo se llevó a cabo al sureste de Uruguay, en el departamento de Maldonado, en un viñedo comercial (Bodega Garzón), en las coordenadas 34,57 S y 54,6 O a 10 km de Pueblo Garzón, durante la temporada 2020-2021 (Figura 8).

Figura 8

Ubicación del predio bajo estudio en Uruguay (izquierda) y ubicación de las parcelas bajo estudio en el viñedo (derecha).



Nota. Elaborado a partir de Google Earth (2022).

3.2. Descripción del Viñedo y Parcelas Bajo Estudio

En el viñedo se seleccionaron cuadros de la variedad Albariño (*Vitis vinifera*. L) con el fin de representar la diversidad en la configuración geográfica que existe en la región (Tabla 1). La elección se basó en las características en la altitud, pendiente y exposición que se presentan en el viñedo con el fin de analizar la respuesta varietal en diferentes condiciones topo-climáticas, al igual que la respuesta agronómica y enológica en estas distintas situaciones.

Tabla 1

Descripción de los cuadros de Albariño en el viñedo comercial bajo estudio: (nº de plantas, superficie en hectáreas, portainjerto y edad de las plantas)

Cuadro	Nº. plantas	Superficie	Portainjerto	Edad plantas
1	2939	0,5878	SO4	12
2	1376	0,2752	SO4	12
3	687	0,1374	SO4	12
4	931	0,3724	SO4	12
5	571	0,1142	SO4	12
6	1146	0,2292	SO4	12
7	1166	0,2332	Gravesac	12
8	1795	0,359	Gravesac	12
9	788	0,1576	3309	9
10	716	0,1432	3309	9

Los cuadros presentan un marco de plantación de 1 metro entre plantas y 2 metros entre filas con excepción del cuadro 8 el cual tiene un marco de plantación de 1 metro entre plantas y 4 metros entre filas. El sistema de conducción utilizado es en espaldera con sistema de poda larga o Guyot con 2 cargadores por planta en los cuadros 9 y 10 y con 4 cargadores por planta en el resto de los cuadros. Los cuadros del ensayo reciben el mismo tratamiento fitosanitario, al igual que el manejo del suelo, poda invernal y manejos en verde. Todos los cuadros presentan riego, con un sistema de irrigación del tipo riego por goteo con goteros cada 1 m.

3.3. Estrategia de Investigación

3.3.1. Diseño Experimental

El diseño experimental es de un relevamiento multisitio, en donde cada cuadro representa una situación topográfica tomado como tratamiento, sumando 10 situaciones diferentes (diez tratamientos en total) con dos repeticiones por tratamiento (dos filas en cada cuadro). La unidad experimental es la planta (7 plantas por fila).

El número total de unidades experimentales del ensayo fue 140 plantas.

3.3.2. Tratamientos

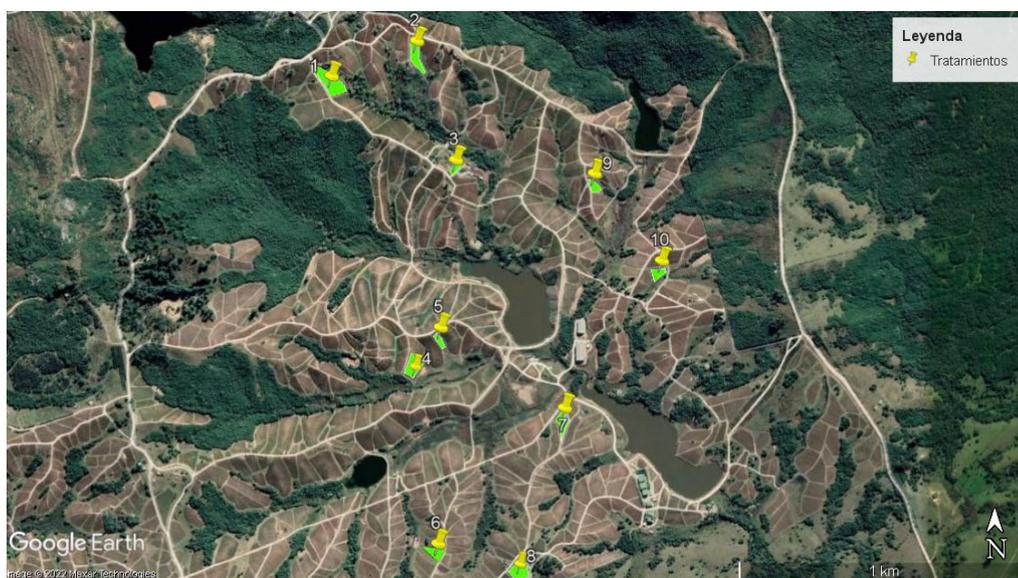
Los tratamientos se eligieron representando la distribución en los cuatro puntos cardinales dentro del viñedo. A partir de las características de la altitud y

el grado de pendiente se formaron tres categorías. En base a la altitud (Categoría baja: 72 - 95 msnm; categoría media: 96 - 117 msnm; categoría alta: 118 - 140 msnm) y grado de la pendiente (categoría 1: 0 - 5,8°; categoría 2: 5,9 - 8,7°; categoría 3: 8,8 - 11,6°) se eligieron las siguientes parcelas que conforman los tratamientos (Tabla 2 y Figura 9). En cuanto a la exposición (cuatro puntos cardinales), estudios actuales muestran que no hay diferencias en el topoclima debido a que la elevación no es alta y por tanto la exposición no es marcada (Tachini et al., en prensa).

En la siguiente imagen se puede observar la distribución de las parcelas elegidas según se mencionó anteriormente.

Figura 9

Ubicación de las parcelas según altitud y grado de la pendiente en el viñedo bajo estudio.



Nota. Elaborado a partir de Google Earth (2022).

Tabla 2*Descripción de las parcelas*

Parcela	Altitud (msnm)	Categoría	Pendiente (°)	Categoría
1	135	A	9,4	3
2	140	A	11,2	3
3	108	M	9,3	3
4	92	B	11	3
5	92	B	11,6	3
6	110	M	7,5	2
7	77	B	5,7	1
8	106	M	5,5	1
9	96	M	7,9	2
10	88	B	4,4	1

3.4. Análisis Macro y Meso-climáticos

3.4.1. Análisis Macro- climático

A partir de los registros diarios de precipitación y temperatura de la estación agrometeorológica de Inumet Rocha, tomada como estación de referencia (se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros del predio) se realizó un análisis del macro-clima. Los datos analizados corresponden al período del ciclo vegetativo de la vid, desde el 01 de septiembre de 2020 hasta la cosecha (16/02/2021).

En base a estos registros, se procedió a calcular la acumulación de precipitaciones durante el ciclo vegetativo, la temperatura media del ciclo vegetativo y la acumulación térmica a través del Índice Heliotérmico de Huglin (Huglin, 1978) y Grados Día Base 10 (Amerine y Winkler, 1944).

3.4.2. Análisis Meso-climático

Los datos meso-climáticos se obtuvieron a través del registro de temperatura ambiente en sensores TinyTag, ubicados sobre la espaldera de cada una de las parcelas del ensayo (Figura 9). Dichos sensores registran la temperatura cada 15 minutos, los cuales fueron descargados a una base de datos de Excel (Microsoft Office) y procesados para su posterior utilización. Dicha información proporcionada por la base de datos consiste en temperaturas máximas y mínimas a partir de las cuales se calcularon los índices bioclimáticos.

Figura 10

Sensor de temperatura TinyTag instalado en el poste del viñedo.

**3.4.2.1. Índices Bioclimáticos**

Para cada parcela se procedió al cálculo de índices bioclimáticos. Tomando 10°C como el cero fisiológico de la vid se calcularon los índices bioclimáticos adaptados al cultivo: Índice Heliotérmico (Huglin, 1978) e Índice de Frescor Nocturno (Tonietto, 1999), Grados Días (Amerine y Winkler, 1944).

Índice Heliotérmico (IH)

El índice Heliotérmico propuesto por Huglin (1978) toma en cuenta las temperaturas favorables para la actividad fotosintética de la vid. En Uruguay se toma en cuenta la suma de las temperaturas efectuadas para el período comprendido entre brotación y cosecha, el cual va desde el 1 de septiembre y el 28 de febrero y se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$IH = \sum \{ (T_{med} - 10 + (T_{Max} - 10)) / 2 \cdot k$$

Donde Tmed corresponde a la temperatura media del aire, TMax a la temperatura máxima del aire y K es un coeficiente de duración del día que varía según la latitud y para Uruguay es 1.

Índice de Frescor Nocturno (IF)

Es un Índice propuesto por Tonietto (1999) el cual cuantifica los efectos de las bajas temperaturas nocturnas en el mes previo a la cosecha de la uva. Para la obtención de este índice se calcula el promedio de la temperatura mínima del mes previo a la cosecha. En el caso de este ensayo se promedió la temperatura mínima del aire del mes de febrero.

Grados días de Winkler (GD10)

Es una integral térmica propuesta por Amerine y Winkler (1944). Este índice toma en cuenta la sumatoria de las temperaturas medias diarias (Tmd) que superen los 10°C (cero fisiológico) entre el 1 de septiembre y el 28 de febrero, para el Hemisferio Sur:

$$IW = \sum (Tmd - 10)$$

Amplitud térmica

La amplitud térmica es la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima dadas en un lugar específico y durante un período determinado (Borda, 2017).

Temperatura promedio media, máxima y mínima diaria

Los sensores TinyTag registran la temperatura diaria cada 15 minutos. A través de las temperaturas registradas se obtuvo la temperatura máxima y mínima ocurridas por día. También se obtuvo la temperatura media por día y se hallaron los grados días acumulados.

A través de los índices bio-climáticos, se analizó a nivel de meso - clima las diferencias entre los distintos tratamientos dadas por las diferentes condiciones topográficas y la respuesta de la variedad Albariño a nivel agronómico y potencial enológico.

3.5. Mediciones para Evaluar Sobre el Comportamiento Agronómico de Albariño

Para la recolección de datos se tomaron medidas a campo y laboratorio en el periodo vegetativo 2020 – 2021. El trabajo comenzó con el seguimiento fenológico de la variedad usando la escala de Eichhorn Lorenz (E-L) modificada (Coombe, 1995), el cual empezó en septiembre de 2020 y culminó con la poda invernal en mayo de 2021. A continuación, se procede a detallar la metodología utilizada en la recolección de los datos.

3.5.1. Componentes de Rendimiento

3.5.1.1. Fertilidad de Yemas

El 04/11/2020 se determinó la fertilidad de yemas de las parcelas seleccionadas. Para esto se contó yemas brotadas y no brotadas, número de inflorescencias por yema, sobre cargadores y pitones en 14 plantas por parcela.

3.5.1.2. Número de Racimos por Planta y Rendimiento (Kg/pl)

En cosecha (16/02/2021), se contabilizó el número de racimos por planta y se pesaron para la obtención del rendimiento por planta (kg/ planta).

3.5.1.3. Producción de Uva con Podredumbre

En cosecha se contabilizaron los racimos enfermos por cada planta y se pesó dicha producción (kg) afectada. Para esto se tuvo en cuenta todo aquel racimo que presentó signo y/o síntoma visible.

3.5.1.4. Compacidad del Racimo

La compacidad de los racimos se realizó utilizando una escala visual, usando 5 valores propuestos por Ipach et al. (2005), como se cita en Molitor et al. (2011). Los 5 valores propuestos van del 1 al 5: Racimo muy flojo, Racimo suelto, Estructura de racimo denso, Estructura de racimo compacto y Estructura del racimo muy compacta.

Esta evaluación se llevó a cabo el 05/02/21 y consistió en el muestreo de 5 racimos por tratamiento, de los tratamientos 1, 2, 3 y 5, todos ellos contrastantes.

Para la evaluación de la compacidad se midió:

- Largo de raquis (cm)
- Ancho de raquis (cm)
- Peso de raquis (g)
- Peso de racimo (g)
- Número de bayas
- Peso de bayas (g)
- Peso por bayas (g)

3.5.1.5. Componentes de la Baya (PS - PP - PH)

Para la obtención de los componentes de la baya, se tomaron muestras de 50 bayas, las cuales se pesaron en una balanza marca OHAUS Scout pro SP601 (EEUU). Luego se procedió a fraccionar las bayas para obtener las semillas y el hollejo por separado, después se dejaron secar y se pesaron. De esta manera mediante la diferencia entre el peso de las bayas y el peso de las semillas y hollejo se alcanzó el peso de la pulpa, para calcular la relación pulpa/hollejo.

3.5.1.6. Determinación del Momento de Cosecha

La cosecha se realizó el 16/02/2021, cuando Albariño alcanzó en promedio pH de 3,05 y superó los 20°brix.

Al momento de la misma se cosecharon las plantas seleccionadas por fila y se pesaron individualmente (kg/pl) utilizando una balanza Ohaus Scout (Ohaus Corp, EEUU). Al mismo tiempo se fue tomando registro de la cantidad de racimos sanos y racimos con podredumbre por Botrytis y pesandolos por separados para obtener peso de cosecha sana por planta (g) y peso de cosecha con podredumbre por planta (g).

3.6. Crecimiento Vegetativo

3.6.1. Número de Sarmientos

En la poda, se contabilizaron los sarmientos del año de cada planta en todas las parcelas, para luego calcular el peso individual (g).

3.6.2. Producción de Madera del Año

La producción de madera del año de todas las parcelas, se obtuvo podando los sarmientos del año de cada planta y pesando los mismos (g).

3.6.3. Superficie Foliar Expuesta Potencial

Para la estimación de la superficie foliar expuesta potencial se utilizó el método propuesto por Carbonneau (1995). Se seleccionaron al azar seis plantas representativas por tratamiento y se realizó un registro fotográfico a cada una de ellas, colocando un fondo blanco por detrás para poder calcular el porcentaje de porosidad de la canopia. También se tomó el registro del alto, ancho y profundidad de la canopia de cada planta evaluada. A través de las fotos y con la ayuda de un programa de edición se halló el porcentaje de porosidad el cual fue introducido en una planilla electrónica con la fórmula de estimación del área foliar para espaldera propuesto por Carbonneau (1995) y de esta manera se obtuvo SFE (m²/pl).

3.7. Balance de la Planta

Para analizar el balance o equilibrio de las plantas, se utilizaron dos indicadores descritos a continuación:

Índice de Ravaz:

Este índice consiste en calcular la relación entre la producción de fruta (Kg/planta cosechados) y la producción de madera de poda del año (Kg/planta).

Relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva (SFEp/REND) (kg/m²).

Este índice determina si la cantidad de hojas es suficiente para madurar los frutos que tiene la planta.

3.8. Mediciones para Evaluar el Potencial Enológico

3.8.1 Composición Primaria de la Uva

A partir del estado de envero (35 E-L) se comenzó con el seguimiento de maduración realizando análisis semanalmente hasta la cosecha. En cada muestreo se extrajeron muestras por duplicado, una muestra por cada fila por tratamiento o parcela. Las muestras se tomaron siguiendo el método propuesto por Carbonneau et al. (1991), las mismas están constituidas por 50 bayas extraídas de fracciones de 3 a 5 bayas tomadas aleatoriamente desde la cara expuesta del racimo. Posteriormente se guardaron en un recipiente procurando su conservación para luego ser llevadas al laboratorio.

Con las muestras en el laboratorio se separaron las bayas de los pedicelos, y se cuantificó el peso de 50 bayas utilizando una balanza modelo Scout Pro SP601. Seguidamente se utilizó una juguera marca Philips modelo HR-1858 para la obtención del mosto. Al mosto obtenido se le realizaron análisis de rutina para la obtención de la composición primaria de las bayas: sólidos solubles mediante refractometría, utilizando un refractómetro de mano marca UNICO, modelo S-2150 (EEUU), la acidez total se midió a través de titulación (gH₂SO₄/l) y el pH se midió por potenciometría utilizando un pHmetro (Oakton® 11 series, EEUU).

3.8.2. Composición Secundaria de la Uva

La composición secundaria de la uva se refiere a los metabolitos tales como polifenoles. Semanalmente se realizó muestreo de 250 bayas por cuadro, las mismas se extrajeron de zonas indistintas del racimo y luego fueron congeladas para su posterior análisis.

De cada muestra se estimó el potencial fenólico de las uvas empleando el método propuesto por Glories y Augustin (1993), modificado por González Neves (2005). Las muestras de 250 bayas, se descongelaron, pesaron y posteriormente se procesaron en una juguera marca Philips modelo HR-1858 para la obtención del mosto. Luego de realizar el protocolo de extracción, mediante espectrofotometría se determinó la riqueza polifenólica total (A280).

3.9. Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de Varianza para comparar las medias a través del test de Tukey con $p \leq 0,05$ para todas las variables analizadas (componentes del rendimiento y evolución de metabolitos primarios y secundarios de la uva durante el período de maduración). Los datos obtenidos fueron analizados con la utilización del software estadístico Infostat.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variabilidad del Meso-clima de los Viñedos en Relación a la Geografía

4.1.1. Caracterización Climática del Ciclo Vegetativo Bajo Estudio

En la Figura 11 se muestra el aporte hídrico de las precipitaciones en la región (datos estación meteorológica de Inumet) y la temperatura media mensual durante el ciclo de crecimiento de la vid.

En este período se registraron 52 días con precipitaciones y una acumulación total de 376,9 mm (Tabla 3), la cual según Deloire y Pellegrino (2021) no supliría las necesidades hídricas de la vid durante todo el ciclo.

Por otra parte, la mayor parte de las precipitaciones (50%) se concentran en la etapa de envero a cosecha. La ausencia de estrés hídrico en dicha etapa favorece el aumento de vigor de las plantas y por otra parte disminuye la concentración de azúcares y metabolitos secundarios en la baya (Ojeda, 2007).

La temperatura media por mes durante el ciclo de crecimiento se muestra en la Figura 11. La misma oscila entre 12 y 19 °C en los meses de septiembre, octubre y noviembre siendo -1°C y 34,5°C la mínima y máxima registradas. En cuanto a los meses de diciembre a febrero la temperatura media va de 21 a 23 °C las cuales según Martínez de Toda (1991) son óptimas para la maduración y vendimia. La temperatura media del ciclo es de 18,86 °C, concordando con Fourment et al. (2020) (Tabla 4).

Figura 11

Precipitaciones y temperatura media promedio registradas en la estación de crecimiento.

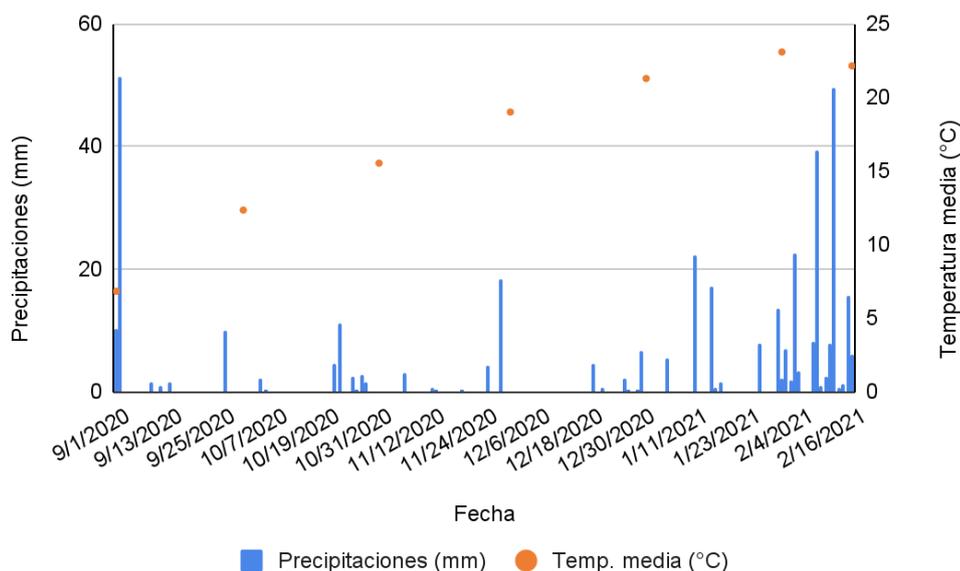


Tabla 3

Suma de precipitaciones por estado fenológico y total acumulado hasta la cosecha (mm)

Estado fenológico	Días con lluvia	Precipitaciones (mm)
Brotación – comienzo floración	16	99
Comienzo floración – cierre racimo	7	26,9
Cierre racimo – comienzo envero	12	61,1
Envero – cosecha	17	189,4
Total ciclo	52	376,9

4.1.2. Índices Bioclimáticos de las Parcelas

La temperatura máxima promedio de las parcelas fue 25°C, la cual según Keller (2007) se encuentra dentro del rango óptimo para la fotosíntesis de la vid. Por otra parte, la temperatura máxima absoluta registrada en el período fue 36,7°C (Tabla 4), encontrándose por fuera de las temperaturas óptimas para la fotosíntesis de las hojas de vid y desfavoreciendo la correcta acumulación de azúcares (Martínez de Toda, 2019).

La temperatura mínima promedio de las parcelas fue 12,7°C y la mínima absoluta promedio 2,21°C (Tabla 4), ambas se encuentran dentro del rango de temperaturas que la vid puede soportar, según Hidalgo (2002). La temperatura mínima absoluta fue -1°C y se registró en la parcela 7, que se encuentra en condiciones de altitud baja y pendiente categoría 1. Quénoel (2011) señala que los sectores más fríos corresponden a fondos de cerros o cuencas donde el aire frío ya no fluye y se estanca. También menciona que la acumulación de frío se ve favorecida en sectores donde la pendiente es leve.

En cuanto a la temperatura media, la misma fue 18,86 °C (Tabla 4), coincidiendo con el dato reportado por Fourment et al. (2020) para el promedio de 6 años en el sureste.

El promedio de las parcelas fue 1457 grados días (Tabla 4) desde brotación a cosecha, siendo menor al reportado por Fourment et al. (2020) para el promedio de 6 temporadas en el Este y también menor al reportado por Tachini (2021). Aun así, el ciclo de dicha variedad fue de 169 días el cual coincide con el autor antes mencionado. Esto último puede deberse a las condiciones climáticas del propio año. A su vez la parcela con más bajas acumulaciones de grados días se encuentra en zona baja y pendiente leve y las acumulaciones más altas se registran en zonas de altura intermedia, lo mismo reporta Bonnefoy et al. (2010).

En cuanto a la media registrada para la amplitud térmica (AT), la misma fue 11,5 °C siendo menor a la reportada para el Sur de Uruguay según Fourment (2016), esto se debería al efecto moderador térmico del océano. Por otra parte, los valores de AT de las parcelas 2, 8 y 9 son las que presentan menor amplitud (Tabla 4), pudiendo explicarse por el efecto moderador térmico del océano, por encontrarse en altura alta y media y tener exposición Sur-SurEste. Por otra parte, las parcelas con mayor AT se encuentran en zonas bajas del predio, coincidiendo

con lo reportado por Bonnefoy et al. (2010) los cuales informan que las amplitudes térmicas más fuertes se observan en la parte inferior de la ladera, mientras que en la parte superior de la ladera son más moderadas. Los mismos autores mencionan que estos contrastes térmicos se pueden explicar por el establecimiento de inversiones térmicas mayormente en noches claras y radiactivas.

El Índice Heliotérmico muestra un valor de 2168 °C que está dentro del intervalo de clase 2100 a 2400 según Tonietto (1999), como media general de las parcelas (Tabla 4). Este resultado fue mayor al promedio de seis años registrado por Fourment et al. (2020) y a lo propuesto por Ferrer et al. (2007) para esta zona y la misma se clasificaría dentro de “templado” (1800 a 2100), esto mismo se puede observar para todas las parcelas en particular. Dicho resultado es favorable para los principales procesos metabólicos y es superior al indicado por Huglin y Schneider (1998) para obtener una tasa de azúcares del orden de 180 a 200 g/L.

La media del índice de frescor nocturno (IF) de los tratamientos fue de 12,58 (Tabla 4), siendo menor al IF reportado por Fourment et al. (2020) para el promedio de 6 temporadas en el Este, por lo cual se trataría de un año más fresco durante la etapa de maduración de la uva. Además, dicho resultado difiere de lo mencionado por Ferrer et al. (2007). Este valor se clasifica dentro de la clase “noches frescas” que va de 12 a 13,9 °C. El mismo no se encontraría dentro de las temperaturas favorables para la acumulación de metabolitos secundarios ya que Tonietto (1999) menciona que los valores favorables para la maduración se encuentran en torno a los 16°C.

En la Tabla 5 se muestra la evaluación del efecto de la altitud y pendiente sobre los índices bioclimáticos.

Los resultados muestran que el efecto de la altitud es significativo sobre la temperatura mínima coincidiendo con lo mencionado por Bonnardot et al. (2012) y QuénoI (2011) y también el índice de frescor nocturno (IF). La temperatura mínima del período mostró diferencias significativas en altitud baja siendo 12,20°C. El efecto de la altitud sobre el IF también se muestra en altitud baja, donde se da el menor valor de IF=11,60, mientras que en altitud media y alta no hay diferencias significativas (Tabla 5). Fourment et al. (2022) reportan menores valores de IF en altitud baja y mayores en altitudes más altas. QuénoI (2011) menciona que las posiciones más frescas se ubican en zonas bajas donde el frío se acumula y estanca. Esto último podría explicar los resultados observados.

Cuando se evalúa el efecto de la pendiente sobre los índices bioclimáticos se muestran diferencias significativas en la temperatura media, temperatura mínima, grados días acumulados e índice de frescor nocturno. Las parcelas que se encuentran en pendiente categoría 1 registran la menor temperatura media del ciclo, lo mismo sucede en la temperatura mínima, siendo ésta 12,35°C. En cuanto a los grados días acumulados, el menor valor también se encuentra en las parcelas con pendiente categoría 1 y la mayor acumulación de grados días se da en pendiente categoría 2. Por otra parte, el efecto de la pendiente sobre el IF también se da en categoría 1 siendo el menor valor de IF=11,73, coincidiendo con Fourment et al. (2022) y en pendiente categoría 3 el mayor valor de IF=13,32 (Tabla 5). QuénoI (2011) reporta que la acumulación de aire frío se ve favorecida en pendientes leves, esto explicaría que las variables antes mencionadas sean significativas en condiciones de pendiente categoría 1.

Los índices bioclimáticos en cuestión también fueron analizados bajo el efecto conjunto de la altitud y pendiente. Sólo se encontró significancia en los resultados de temperatura mínima e índice de frescor nocturno.

Bajo condiciones de altitud baja y pendiente categoría 1 se encuentra la menor temperatura mínima siendo la misma 11,70. En el IF se encontró diferencias significativas en condiciones de altitud baja y pendiente categoría 1 la cual mostró el menor IF siendo éste 10,55, esto concuerda con lo mencionado anteriormente según Quénol (2011). Por otra parte, en pendiente categoría 3 y altitud media y alta se halló el mayor valor de IF siendo estos 13,80 y 13,50 respectivamente.

Tabla 4

Índices bioclimáticos de las parcelas en estudio para el 2020-2021

Tratamiento	T máx.	T máx abs.	T min.	T min abs.	T media	GD acum.	AT	IH	IF
1	24,8	35,3	13,19	2,74	19	1475,5	11,3	2169	13
2	24,6	35,2	13,2	3,4	18,9	1457,3	10,8	2130	14
3	25,3	36,7	13	3,2	18,91	1504	11,7	2212	13,8
4	25	35,3	12,8	2,5	18,9	1460,7	11,6	2171	12,7
5	25,4	36	12,6	2	19	1478	11,9	2207	12,6
6	25,4	36,4	12,9	3	19,2	1506,7	12,3	2226	13,2
7	25,5	35,5	11,5	-1	18,5	1399,2	12,5	2168	10,3
8	24,7	34,6	13	3,2	18,8	1446,4	10,5	2133	12,9
9	24,9	34	12,8	2,3	18,9	1453,7	10,8	2154	12,5
10	24,9	34,5	11,9	0,7	18,4	1385	11,2	2109	10,8
Promedio	25	34,5	12,70	2,21	18,86	1456,7	11,5	2168	12,6
Desvío	0,31	0,84	0,57	1,39	0,24	39,6	0,65	38,4	1,17

Nota. T max= Temperatura máxima del aire desde 1/9 al 28/2; T máx absoluta= Temperatura máxima registrada en el ciclo hasta cosecha; T min= Temperatura mínima del aire desde 1/9 al 28/2; T min absoluta= Temperatura mínima registrada en el ciclo hasta cosecha; T media= Temperatura media del aire desde 1/9 al 28/2; GD acum= Grados días acumulados desde 1/9 a 15/2; AT= Amplitud térmica desde envero hasta cosecha; IH= suma del índice heliotérmico desde 1/9 al 28/2; IF= índice de frescor nocturno es la temperatura mínima del aire registrada en el mes de febrero.

Tabla 5

Evaluación de los índices bioclimáticos según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo) y pendiente (3, 2, 1). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Variable	Altitud			Pendiente		
Indice	Alto	Medio	Bajo	3	2	1
T máx	24,80 a	25,08 a	25,20 a	25,02 a	25,15 a	25,03 a
T máx absoluta	35,25 a	35,43 a	35,33 a	35,70 a	35,20 a	34,87 a
T min	13,20 b	12,95 b	12,20 a	12,97 b	12,85 b	12,35 a
T min abs.	3,07 a	2,93 a	1,05 a	2,77 a	2,65 a	0,97 a
T media	18,95 a	18,95 a	18,70 a	18,94 a	19,05 a	18,57 b
GD acumulado	1466,40 a	1477,70 a	1430,73 a	1475,10 a	1480,20 a	1410,20 b
AT	11,05 a	11,33 a	11,80 a	11,46 a	11,55 a	11,40 a
IH	2149,90 a	2181,50 a	2163,83 a	2178,14 a	2190,35 a	2136,57 a
IF	13,50 b	13,18 b	11,60 a	13,38 b	12,85 ab	11,63 a

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05)

4.2. Comportamiento Agronómico y Potencial Enológico de Albariño

4.2.1. Componentes del Rendimiento: Fertilidad de Yemas, Producción y Composición de Racimo y Baya

4.2.1.1. Fertilidad de Yemas

A continuación, se presenta el resultado de evaluación de la fertilidad de yemas realizada en los tratamientos (Tabla 6).

Los promedios por parcela dan como resultado 13 brotes totales por planta y 11 brotes fértiles por planta, ambos resultados arrojan bajos desvíos estándar por lo que se podría decir que el efecto de los tratamientos no influye fuertemente sobre la fertilidad de la variedad. Dicho resultado de brotes/planta se aproxima a los 6,7 brotes/m reportados por Junquera et al. (2015).

El número promedio de racimos total por planta estimado fue de 19,2 con un desvío estándar de 2,28.

El resultado de la estimación del número de racimos por brote promedio fue de 1,52, aproximándose al 1,44 racimo por brote según Boso et al. (2008), pero menor al valor de 2 racimos por brote promedio aportado por Junquera et al. (2015).

Tabla 6*Evaluación de la fertilidad de yemas en Albariño para las parcelas*

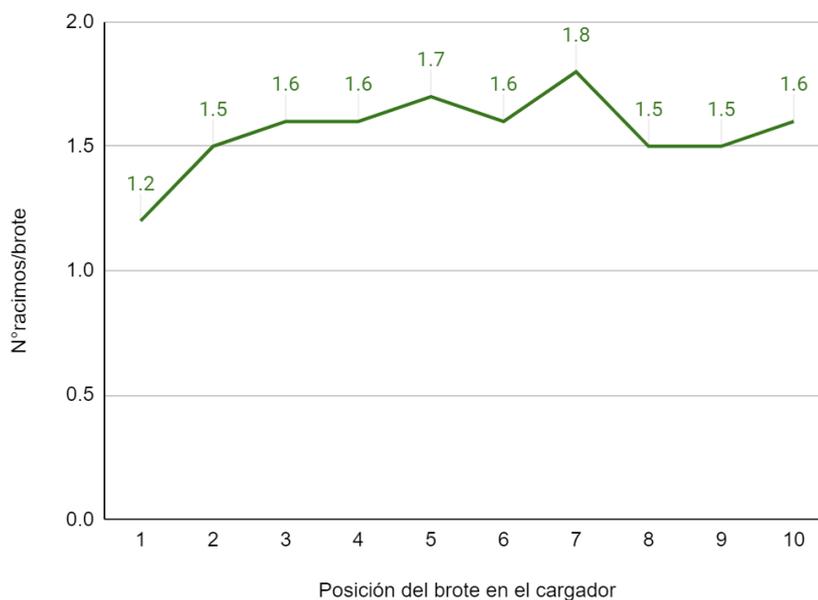
Parcela	Nºbrotos total	Nºbrotos fértiles	Nºracimos total	Nºracimos/brotos total
1	13,82	11,09	20,91	1,56
2	14,29	10,93	18,86	1,31
3	12,17	10,08	18,17	1,47
4	11	9,5	19	1,83
5	16,82	14	24	1,42
6	13,42	10,67	20,33	1,55
7	14,23	10,31	18,77	1,32
8	12,75	9,58	15,42	1,21
9	10,85	9,31	18	1,65
10	9,93	9,64	18,64	1,89
Promedio	13	11	19,2	1,52
Desvío estándar	2,04	1,375	2,228	222

La Figura 12 muestra la distribución de la fertilidad de yemas a lo largo del cargador. Durante la poda se dejan de 8 a 10 yemas por cargador.

La fertilidad de yemas aumenta hacia los brotes apicales, dando un valor cercano a 2 brotes/racimos hacia la posición de brote número 7 en el cargador. Por esto último se puede decir que la variedad muestra una alta fertilidad de yemas, coincidiendo con lo antes mencionado por García (2018). Este resultado permitiría clasificar a Albariño dentro de las variedades que se adaptan mejor a la poda larga y también ajustar una práctica de manejo específica.

Figura 12

Distribución de los racimos a lo largo del pámpano.



Para evaluar la respuesta de la variedad a las diferentes condiciones topográficas se agrupó las parcelas según las categorías de altitud y pendiente. A continuación, se observan los resultados promedio (Tabla 7).

Según la Tabla 7, se desprende que tanto que la altitud como la pendiente no tienen influencia en las variables N°brotes/planta, N°brotes fértiles/planta, N°racimos/planta y N°racimos/brote promedio.

En la evaluación del efecto altitud por pendiente tampoco se observaron diferencias significativas. Esto último debido a que la distribución de la fertilidad se atribuye a un carácter de tipo varietal. Así mismo, en condiciones de mayor altitud y mayor pendiente se presenta mayor fertilidad de yemas, lo cual indicaría que la radiación puede ser un factor limitante en el rendimiento potencial de la variedad Albariño, Tachini (2021).

Tabla 7

Evaluación de la fertilidad de yemas en Albariño según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo) y pendiente (3, 2, 1). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

	Altitud			Pendiente		
Variable	Alto	Medio	Bajo	3	2	1
N° brotes/pl	14,08 a	12,27 a	12,90 a	13,67 a	12,08 a	12,23 a
N° brotes fértiles/pl	11 a	9,9 a	10,79 a	11,12 a	9,96 a	9,85 a
N° racimos/pl	19,76 a	17,98 a	19,98 a	20,10 a	19,12 a	17,69 a
N° racimos / brote promedio	1,42 a	1,47 a	1,61 a	1,50 a	1,60 a	1,49 a

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

4.2.1.2. Producción de Uva

El rendimiento promedio por planta fue 2,43 Kg y/o 12150 Kg/ha (Tabla 8) el cual es mayor al 1,68 Kg/planta y/o 7315 Kg/ha promedio nacional de Albariño reportado por INAVI (2022), sin embargo, también se menciona que, a nivel departamental, el rendimiento puede variar entre 1,21 y 2,66 Kg/planta. Por otra parte, Mirás Avalos et al. (2012) y Cancela et al. (2016) reportan rendimientos de entre 5 y 7 Kg/planta y de 54 a 68 racimos por planta, estos datos se alejan de los reportados en este ensayo y a nivel nacional. Esto puede justificarse por el sistema de conducción utilizado en D.O. Rías Baixas, lugar donde se realizaron los ensayos antes mencionados y donde según Hidalgo (2002) se dejan de 35 a 70 yemas por planta en un sistema de conducción que incluye el parral y 70.000 yemas/ha. Por lo tanto los 12150 Kg/ha reportados en este ensayo superarían los rendimientos por hectárea en el lugar de origen de la variedad Albariño.

El número de racimos totales promedio en las parcelas oscila en 23,09 racimos por planta (Tabla 8). Si bien no se aproxima a los datos reportados antes mencionados, se justifica según el sistema de conducción en espaldera con doble cargador y dado el ajuste de yemas por planta dejadas en la poda, que va desde 8 a 10 yemas por cargador.

En cuanto a la sanidad de los racimos, en promedio el 91 % del rendimiento por planta es peso sano (2,22 Kg/pl). Esto es un dato que pudo corroborarse en todas las parcelas y teniendo en cuenta que se trató de un año lluvioso principalmente sobre la cosecha, podría decirse que es una variedad poco sensible a enfermedades causadas por hongos de podredumbres de racimo, tal como reporta García (2018).

Tabla 8

Valores de producción (Kg/pl, g/racimo), número de racimos por planta (sanos y enfermos), peso de racimos (kg/pl) (sanos y enfermos) por parcela contabilizados en cosecha

Tratamiento	Rto (Kg/pl)	N°racimos totales	Peso racimos (g)	N° racimos sanos	Peso sano (Kg)	N° racimos enfermos	Peso enfermo (Kg)
1	2,26	26,18	87,65	25,73	2,25	0,09	0,01
2	2,27	21,5	111,66	21,5	2,27	0	0
3	1,76	13	82,92	19,69	1,75	0,08	0,01
4	3,08	27,15	116,14	25,77	2,94	1,38	0,14
5	3,4	29,69	122,15	29,54	3,39	0,15	0,02
6	2,9	24,36	125,31	22,57	2,73	1,92	0,17
7	2	24,08	84,85	24,08	491	0	0
8	2,42	21,71	107,39	21,71	2,415	0	0
10	1,78	20,14	89,41	20,14	1,780	0	0
Promedio	2,43	23,09	103,05	23,41	2,22	0,40	0,04
Desvío estándar	580	4,836	16,90	3,18	0,84	0,72	0,07

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p -valor $<0,05$).

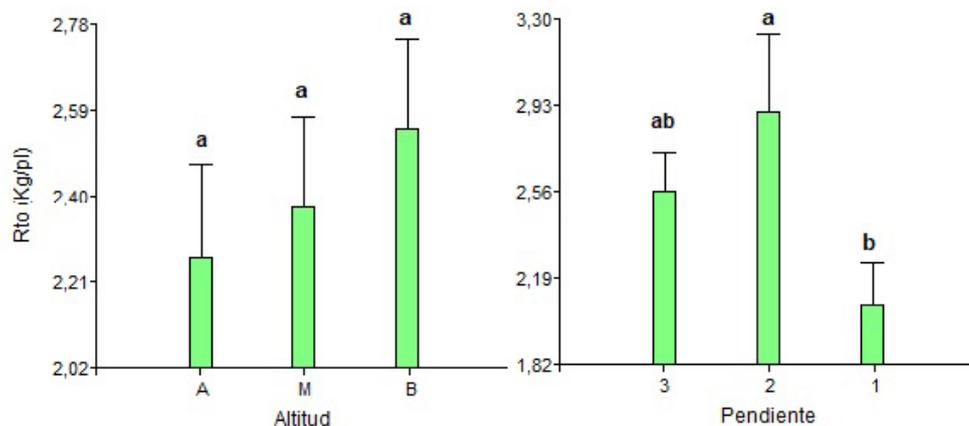
No se registraron diferencias significativas en cuanto al rendimiento promedio por planta según las distintas condiciones de altitud. Si se encontraron diferencias significativas por la influencia de la pendiente (Figura 13).

En condiciones de pendiente categoría 2 se observan los mayores valores de rendimiento promedio de 2,90 Kg/planta, el cual puede explicarse por el peso de racimos el cual es mayor en estas condiciones (Figura 15). En pendiente categoría 1 se observan los menores rendimientos, siendo el mismo 2,07 Kg por planta.

En la evaluación del efecto altitud por pendiente sobre el rendimiento (Tabla 9) se puede ver que en la menor altitud y en pendiente categoría 3 se encuentra el mayor rendimiento por planta el cual es 3,24 Kg/pl. El mayor rendimiento en estas condiciones quizás se deba al número de racimos por planta. En la Figura 14 se muestra el resultado del análisis de varianza en el cual no se encontró significancia estadísticamente, pero sí se observan diferencias, en las condiciones de menor altitud y pendiente categoría 3. Siendo en estas condiciones donde se muestra la mayor cantidad de racimos por planta.

Figura 13

Rendimiento por planta en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

**Tabla 9**

Interacción de la altitud y pendiente sobre el rendimiento (kg/pl). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	Rto (Kg/pl)
B	3	3,24 a
M	2	2,90 ab
M	1	2,42 ab
A	3	2,26 ab
B	1	1,89 b
M	3	1,76 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

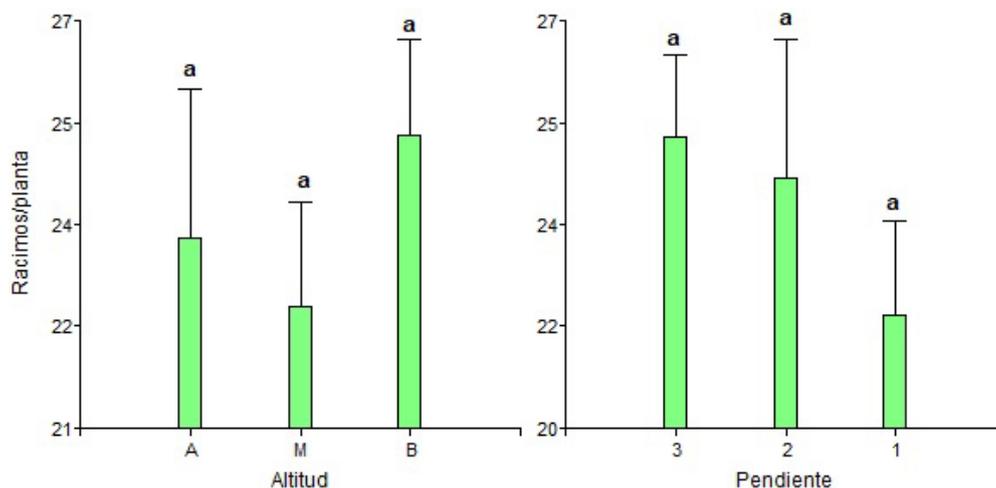
No hubo diferencias significativas en el número de racimos totales por planta en las diferentes condiciones de topografía (altitud y pendiente). (Figura 14)

Tampoco se encontraron diferencias significativas en el efecto de altitud por pendiente sobre la cantidad de racimos por planta.

Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas que tal vez se deban a que las plantas tienen el mismo manejo el cual implica el mismo tipo de poda y ajuste del número de racimos por planta, además de que tampoco se encontraron diferencias significativas en fertilidad de yemas. Aún así en condiciones de altitud baja y pendientes categoría 2 y 3 se muestra mayor cantidad de racimos por plantas. Esto último puede explicarse por el efecto de la mayor luminosidad en condiciones de pendiente más expuesta lo cual favorece la inducción y diferenciación de las yemas (Lissarrague, s.f.).

Figura 14

Número de racimos por planta en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).



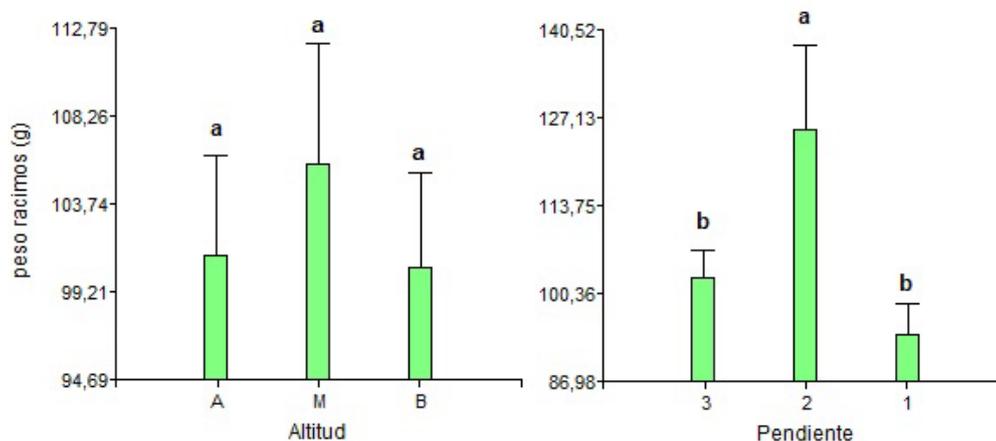
En cuanto al peso de racimos (g) no se observan diferencias significativas en las distintas condiciones de altitud. Sin embargo, se observan diferencias significativas cuando se evalúa el efecto de la pendiente (Figura 15).

En condiciones de pendiente categoría 2, se dan los mayores pesos de racimos en promedio siendo 125,31 g/racimo coincidiendo con los reportado por Mirás Avalos et al. (2012) y Boso et al. (2008). Igualmente, los mismos mencionan dichos resultados bajo sistema de conducción en espaldera pero con una cantidad de racimos/planta del doble a los resultados observados en la Tabla 6. A partir de esta información se puede suponer que la variedad cuenta con mayor potencial para explotar.

En la evaluación del efecto altitud por pendiente se muestran diferencias significativas, encontrando el mayor peso por racimo en condiciones de altitud intermedia y pendiente categoría 2 (Figura 15), siendo dicho resultado de 125,31 g. El mayor peso de los racimos en condiciones intermedias puede deberse a las más altas acumulaciones de grados días registrados en pendiente categoría 2 (Tabla 5) lo cual posiblemente haya repercutido en la obtención de un mayor número de bayas por racimo (Tabla 13). Tal como se explicó en la evaluación de los componentes de la baya, no se encontraron diferencias estadísticas en el peso de las bayas por lo que la diferencia encontrada en el peso de los racimos fue atribuida al número de bayas por racimo. Esto coincide con Tachini (2021) el cual reporta una fuerte correlación entre el número de bayas y el peso del racimo sin diferencias estadísticas en el peso de las bayas de Albariño.

Figura 15

Peso racimo (g) en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).



En cuanto al peso sano (Kg/pl), no se observan diferencias significativas en las diferentes condiciones topográficas de altitud y pendiente (Figura 16). Sin embargo, el efecto altitud por pendiente muestra mayores rendimientos de peso sano en condiciones de altitud baja y pendiente categoría 3, siendo el mismo de 3,16 Kg/pl (Tabla 10), en estas condiciones también se encuentra el mayor rendimiento por planta (Figura 14).

En lo que refiere al peso enfermo, no se observan diferencias significativas en las distintas condiciones de altitud, pero si se pueden ver cuando se evalúa el efecto de la pendiente (Figura 16).

En pendiente categoría 2, se observa mayor peso enfermo, siendo este 0,17 Kg/pl y en estas condiciones también se encuentran los racimos con mayor peso (Figura 15). El mayor peso de estos racimos podría explicarse debido a un mayor número de bayas que aumenta la compacidad del racimo y favorece la incidencia de podredumbres (Pañitur-De La Fuente et al., 2018). Los racimos más compactos son más propensos a que se produzcan lesiones que favorezcan el ingreso del patógeno. También se generan condiciones que son predisponentes para el hongo como la menor exposición del racimo a la radiación, menor ventilación y mayor humedad (Mlikota Gabler et al., 2003). En condiciones de pendiente categoría 1 y 3, no se registran resultados de peso enfermo.

Cuando se evalúa el efecto altitud por pendiente sobre el peso enfermo por planta, se muestran diferencias significativas, mostrando altitud media y pendiente categoría 2 como condiciones donde se registra mayor peso enfermo (Tabla 11). Los resultados de peso enfermo en diferentes condiciones de altitud no son significativos por lo que el mayor efecto lo podría estar generando por el mayor peso de los racimos el cual fue en pendiente categoría 2.

Igualmente, se puede decir que en este ensayo los resultados de peso enfermo son mínimos y de bajo impacto sobre el rendimiento potencial de las plantas.

Estos datos nos permiten inferir sobre la sensibilidad de la variedad a las enfermedades dado que en las distintas condiciones topográficas prácticamente no hubo uva con podredumbres. A su vez, tratándose de un año de altas precipitaciones sobre cosecha, los resultados hacen a la variedad de gran interés productivo.

Figura 16

Peso sano (Kg/pl) y peso enfermo (Kg/pl) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

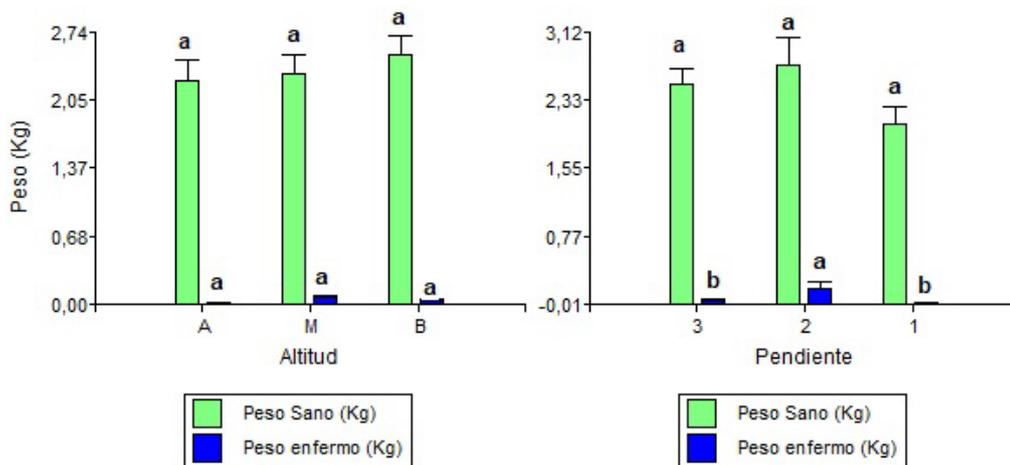


Tabla 10

Interacción de la altitud y pendiente sobre el peso sano (kg/pl). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	Peso sano (Kg)
B	3	3,16 a
M	2	2,73 ab
M	1	2,42 ab
A	3	2,26 ab
B	1	1,89 b
M	3	1,75 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

Tabla 11

Interacción de la altitud y pendiente sobre el peso enfermo (kg/pl). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	Peso enfermo (Kg)
M	2	0,17 a
B	3	0,08 ab
M	3	0,01 b
A	3	0,01 b
M	1	0,00 b
B	1	0,00 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

4.2.1.3. Componentes de la Baya

A continuación, se muestran los resultados promedio de las parcelas en la evaluación de los componentes de la baya de Albariño (Tabla 12).

Como puede observarse en los resultados, los mismos muestran una tendencia homogénea a nivel de las distintas parcelas.

El peso de baya es definido por el estado hídrico de la planta (Martínez de Toda, 2011) el cual es sustentado por el riego en todas las parcelas por igual. Esto último puede explicar que no se encuentren diferencias significativas en el peso de la baya y en los componentes de esta (Tabla 12).

El peso promedio por semilla fue 0,032 gramos y el número promedio de semillas por baya 2,23, coincidiendo con el 0,027 gramos por semilla y 2,15 semillas por baya reportado por Martínez-Rodríguez et al. (2009).

En la partición del peso en la baya, se puede ver que la pulpa concentra el mayor porcentaje, seguido por el peso del hollejo y el de la semilla.

Según la distribución de los componentes de la baya, se ve una aceptable relación hollejo/pulpa.

Cuando se evaluaron los componentes de la baya, en base a diferentes condiciones de altitud y pendiente, no se encontraron diferencias significativas (Tabla 13).

En la evaluación conjunta del efecto altitud por pendiente sobre los componentes de la baya tampoco se encontraron diferencias significativas.

Visto que los componentes de la baya no muestran diferencias significativas, se puede concluir que los mismos no se ven influenciados por el efecto topográfico dado por la altitud y pendiente.

Esto último podría explicar el mayor peso de racimos dados en condiciones de pendiente categoría 2 (Figura 15). Dado que el efecto de la topografía no modifica el peso de las bayas, la diferencia en peso por racimo podría deberse al número de bayas por racimo.

Tabla 12
Componentes de la baya de las parcelas

Tratamiento	Peso baya s 50 (g)	Peso/ baya (g)	N° semillas	Peso semillas (g)	Sem/ baya s	% pulpa	% hollejo	% semilla s	Rel h/p
1	58,63	1,17	101,29	3,23	2,03	83,47	10,96	5,59	0,13
2	72,45	1,45	108	3,55	2,16	83,71	11,35	4,94	0,14
3	63,9	1,28	106,33	3,8	2,13	78,97	14,64	6,37	0,19
4	63,9	1,28	108,86	3,77	2,18	78,86	14,85	6,26	0,1
5	66,61	1,33	114,38	3,66	2,29	82,66	11,76	5,58	0,15
6	63,24	1,26	109,43	3,51	2,19	80,14	14,27	5,6	0,18
7	64,69	1,29	113	3,51	2,26	80,42	14,1	5,47	0,18
8	72,08	1,44	114	4,18	2,28	84,19	10,01	5,82	0,12
9	64,58	1,29	120	3,55	2,4	84,6	9,83	5,55	0,12
10	63,75	1,28	118,75	3,6	2,38	80,18	14,03	5,79	0,18
Promedio	65,38 3	1,307	111,404	3,636	2,23	81,72	12,58	5,697	149
Desvío estándar	4,15	0,08	5,73	0,25	0,11	2,23	1,99	0,40	0,03

Tabla 13

Evaluación de los componentes de la baya de Albariño y sus relaciones según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo), y pendiente (3, 2, 1). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Variable	Altitud			Pendiente		
	Alto	Medio	Bajo	3	2	1
Pulpa (%)	83,60 a	82,07 a	80,58 a	81,7 a	82,2 a	81,59 a
Hollejo (%)	11,17 a	12,10 a	13,65 a	12,59 a	12,22 a	12,71 a
Semilla (%)	5,24 a	5,83 a	5,76 a	5,70 a	5,58 a	5,69 a
Semillas/bayas	2,10 a	2,25 a	2,28 a	2,16 a	2,29 a	2,31 a
Peso/semilla (g)	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a
Peso / 50 bayas (g)	66 a	66,61 a	64,78 a	65,08 a	63,86 a	68,15 a

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

El promedio de las parcelas, a las cuales se les evaluó compacidad fue 3,15, esto coincide con Martínez-Rodríguez et al. (2009) que caracteriza a los racimos de Albariño como de compacidad media.

En la Tabla 14 se registran las medidas promedio del racimo de Albariño realizadas para la evaluación de la compacidad. No se encontraron datos reportados anteriormente sobre dimensiones aproximadas del racimo de esta variedad en particular, pero según los datos recabados a campo y junto con el índice de compacidad estimado se lo puede caracterizar en general como un racimo de tamaño pequeño y forma cónica tal como describen Vivero (2021) y García (2018) (Figura 17).

También se puede ver que los racimos cuentan en promedio con 83,3 +/- 10 bayas, dato que coincide con los 83,34 y 95,68 reportados por Boso et al. (2008) y Junquera et al. (2015) respectivamente. En cuanto al peso por baya (g), se registró 2,285 g el cual no se ajusta con el 1,22 g/baya aportado por los autores anteriormente mencionados. El mayor peso promedio por baya puede deberse al aporte hídrico de las precipitaciones en el período de obtención del número y extensibilidad final de la células de la baya (Ojeda, 2007; Martínez de Toda, 2011) el cual fue favorable para el logro de bayas de mayor tamaño. También podría deberse a las precipitaciones dadas en el período de maduración las cuales favorecen el aumento del tamaño de las bayas (Ferrer et al., 2018).

Cabe mencionar que dicha evaluación se realizó con el promedio de 4 tratamientos los cuales difieren en las condiciones de altitud, pero mantienen constante la pendiente siendo la misma de categoría 3.

Tabla 14

Característica y composición promedio del racimo de Albariño obtenidas a través de la evaluación de compacidad

Variable	Promedio	D.E
Índice compacidad	3,15	1,01
Largo raquis (cm)	9,055	1,31
Ancho raquis (cm)	6,87	1,54
Peso raquis (g)	3,865	1,62
Peso racimo (g)	114,15	21,53
Número bayas	83,34	10,62
Peso bayas (g)	110,29	20,16
Peso x bayas	1,35	0,04

Figura 17

Registro fotográfico donde se observan racimos de la variedad Albariño en una de las parcelas evaluadas.



Como se muestra en la Tabla 15, no se encontraron diferencias significativas en largo, ancho y peso de raquis, peso de racimo, número de bayas por racimo, peso de bayas del racimo y peso por bayas. Por otro lado, se muestra que en condiciones de altitud baja las evaluaciones antes mencionadas son superiores lo que explicaría que el índice de compacidad si sea estadísticamente significativo en altitud baja.

Los resultados muestran que en condiciones de altitud baja se encuentran los racimos más compactos en comparación a los racimos que se encuentran en la mayor altitud, siendo el índice de compacidad 4,40. Esto último coincide con lo mencionado por May (2000) el cual observa que viñedos ubicados en zonas bajas producen racimos de mayor compacidad en comparación con racimos de viñedos ubicados en zonas más elevadas. En zonas de altitud baja el agua tiende a ser más cantidad por el arrastre proveniente de zonas más elevadas y puede acumularse influyendo sobre el vigor de las plantas asociado al rendimiento. Las precipitaciones durante la maduración o previo a la cosecha implican un aumento del tamaño de las bayas y por tanto del peso del racimo, también incide negativamente en el contenido de azúcares de la baya (Ferrer et al., 2018). Según muestra la Figura 11 la mayor parte de las precipitaciones se concentraron en la etapa envero-cosecha lo cual podría explicar la tendencia en alguno de los componentes del racimo que implican una mayor compacidad bajo condiciones de altitud baja.

Tabla 15

Evaluación de la compacidad de racimos de Albariño según diferentes condiciones de altitud (alto, medio, bajo), manteniendo constante la pendiente siendo la misma categoría 3. Diferencias analizadas por ANOVA (test de tukey; p-valor < 0,05).

	Altitud		
Variable	Alto	Medio	Bajo
Índice de compacidad	2,40 b	3,40 ab	4,40 a
Largo del raquis (cm)	10,01 a	7,50 a	8,70 a
Ancho del raquis (cm)	6,81 a	6,72 a	7,14 a
Peso raquis (g)	3,53 a	2,36 a	6,04 a
Peso racimo (g)	116,29 a	92,54 a	131,50 a
N° bayas/racimo	83,30 a	74 a	92,60 a
Peso bayas (g)	112,76 a	90,18 a	125,46 a
Peso/baya (g)	1,35 a	1,17 a	1,54 a

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

4.2.2. Balance de la Planta: Desarrollo Foliar, Poda e Indicadores de Balance de la Planta.

4.2.2.1. Superficie Foliar Expuesta Potencial

Los resultados de la estimación de la superficie foliar expuesta potencial medida a través del método Carbonneau (1995) se muestran en la Tabla 16.

En relación con los tratamientos, según se puede ver los mismos van desde poco más de 5000 a casi 8000 m² /ha con una media de 6314,8 m² /ha. Este resultado es superior a la media de las espalderas en Uruguay reportada por Ferrer (2007) el cual sería 5000 m² /ha y nos indicaría que se trata de plantas vigorosas.

La mayor superficie foliar expuesta potencial se dio en la parcela 8 (Tabla 16), que también presenta los mayores valores en la evaluación de componentes de rendimiento (Tabla 8). Lo anterior puede deberse a la influencia de la interceptación de la canopia la que repercute en la productividad de la planta (Keller, 2007). También a la influencia indirecta del suelo sobre la planta a través del vigor (Martínez de Toda, 2011). Dado que la parcela 8 se encuentra en condiciones de altitud media y pendiente categoría 1 es posible que se acumule agua y residuos orgánicos desde niveles superiores llegando por arrastre y generando condiciones que favorecen el vigor a través del crecimiento vegetativo y producción de las vides (Montaña, 2008).

Tabla 16
Superficie expuesta potencial en m²/ha

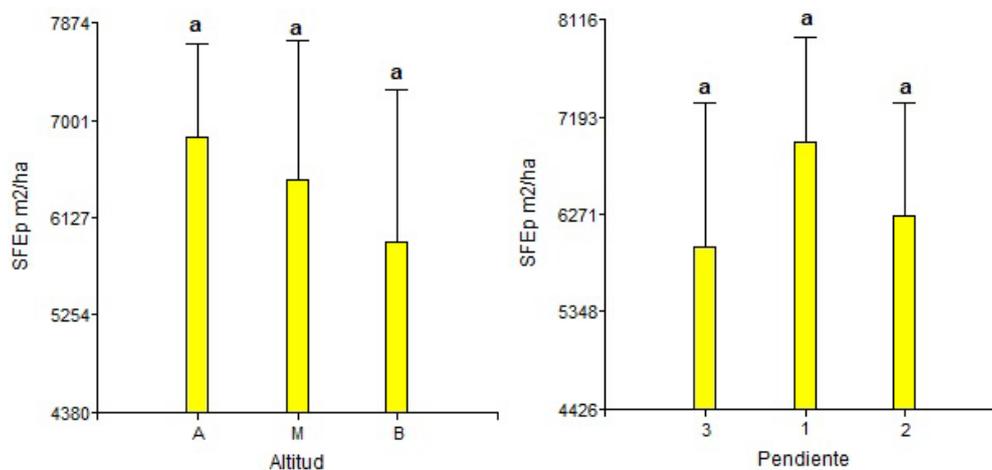
Tratamiento	SFEp (m ² /ha)	D.E
1	6212,67	575,51
2	7476	491,54
3	5359,67	641,04
4	3879,67	121,39
5	6877,33	508,94
6	7162,67	391,71
7	6341	1104,94
8	7977,67	118,41
9	5334,33	441,92
10	6527	593,01
Media general	6314,8	
Desvío estándar	1202,2	

La SFEp (m²/ha) no mostró diferencias significativas en las diferentes condiciones topográficas de altitud y pendiente (Figura 18).

En la evaluación del efecto altitud por pendiente se encontraron resultados estadísticamente significativos (Tabla 17). En condiciones de altitud media y pendiente categoría 1 se da la mayor SFEp siendo la misma 7977,67 (m²/ha). Esto coincide con los resultados de IR, el cual muestra que las plantas más vigorosas se encuentran en estas mismas condiciones (Tabla 24). Por otro lado en altitud media con pendiente categoría 3 se da la menor SFEp (m²/ha). Esto explicaría los menores rendimientos por planta (kg/pl) encontrados en las mismas condiciones (Tabla 9), dado que la superficie foliar expuesta potencial refleja la capacidad potencial fotosintética y de producción de fotoasimilados de la planta.

Figura 18

SFEp (m²/ha) en Albariño según condiciones topográficas de altitud y pendiente. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

**Tabla 17**

Interacción de la altitud y pendiente sobre SFEp (m²/ha) en Albariño. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	SFEp (m ² /ha)
M	1	7977,67 a
A	3	6844,33 ab
B	1	6434 ab
M	2	6248,5 ab
B	3	5378,5 b
M	3	5359,67 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

4.2.2.2. Peso de Poda y Peso de Sarmiento

Como se muestra en la Tabla 18, la media de las parcelas fue de 590,76 g de peso de poda y 36,58 g de peso por sarmiento.

En la parcela 8 se dio el mayor peso de poda y mayor peso de sarmiento (Tabla 18). Como se mencionó anteriormente en la SFEp, los resultados pueden deberse a las condiciones propias del lugar en el que se encuentra la parcela y que le otorgaría ese vigor a las vides. El menor peso de poda y sarmiento se encuentra en la parcela 3.

Tabla 18*Peso de poda y peso por sarmiento según tratamiento (g)*

Tratamiento	Peso poda (g)	D.E	Peso sarmiento (g)	D.E
1	398	151,75	21,98	10,94
2	683,6	194,39	37,43	12,92
3	245,6	86,56	15,69	5,57
4	762,3	216,46	44,57	15,39
5	602,5	124,61	32,25	10,26
6	776,5	123,86	41,5	7,24
7	456,56	113,33	33,96	17,93
8	994,9	257,18	70,35	16,79
10	396,9	253,58	31,51	20,57
Media general	590,76		36,58	
Desvío estándar	236,62		15,53	

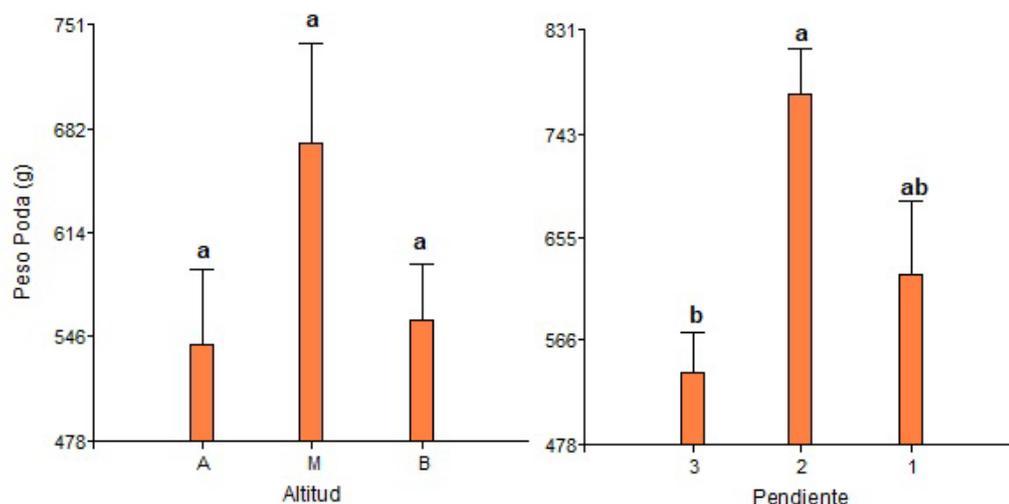
La variable peso de poda no mostró diferencias significativas en las diferentes condiciones de altitud. Sin embargo, se presentaron diferencias significativas en las diferentes condiciones de pendiente (Figura 19).

Los valores más altos en peso de poda corresponden a los que cuentan con pendiente de categoría 2, mostrando un promedio de 776,5 g/pl. Por otra parte los tratamientos con mayor pendiente muestran los menores pesos de poda, 538,4 g/pl. En la Tabla 9 se observa que en condiciones de mayor pendiente se obtuvo el mayor rendimiento lo cual podría explicar el menor peso de poda en estas condiciones.

La Tabla 19 muestra el efecto de la interacción altitud por pendiente sobre la variable y se observa que en altitud media y pendiente categoría 1 se da el mayor peso de poda siendo el mismo 994,9 g/pl. Este resultado puede estar explicado por el peso de los sarmientos debido a que es mayor en estas condiciones (Tabla 20).

Figura 19

Peso de poda (g/pl) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).

**Tabla 19**

Interacción de la altitud y pendiente sobre la variable peso de poda (g). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	Peso poda (g)
M	1	994,9 a
M	2	776,5 ab
B	3	682,4 bc
A	3	540,8 cd
B	1	425,16 de
M	3	245,6 e

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p -valor < 0,05).

En el peso por sarmiento se observan diferencias significativas en las diferentes condiciones de altitud (Figura 20). Es en altitud media donde se encuentran los sarmientos de mayor peso con 42,51 g y los de menor peso se encuentran en la zona alta con un promedio de 29,71 g.

También se hallaron diferencias significativas en las diferentes condiciones de pendiente (Figura 20). Los tratamientos con menor pendiente promediaron el mayor peso por sarmiento siendo estos de 45,66 g. Al igual que el peso de poda por planta, los sarmientos de menor peso se encontraron en las condiciones de mayor pendiente.

Cuando se evalúa la variable por la interacción del efecto altitud por pendiente se observa que el mayor peso de los sarmientos se encuentra en

condiciones de altitud media y pendiente categoría 1, siendo éste 70,35 g seguido por altitud media y pendiente categoría 2 con 41,50 g (Tabla 20). En condiciones de altitud media y pendiente categoría 1 es donde se encuentra la mayor SFEP (Tabla 17) que podría explicar el mayor peso por sarmiento en estas condiciones. A causa del mayor peso de sarmiento se explicaría el mayor peso de poda en estas condiciones (Tabla 19).

Figura 20

Peso de sarmiento (g) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; p-valor<0,05).

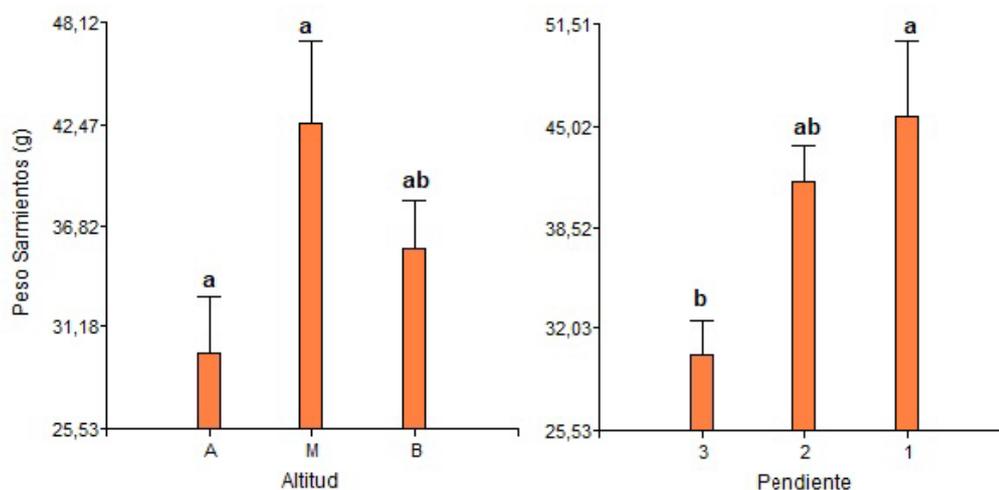


Tabla 20

Interacción de la altitud y pendiente sobre la variable peso de los sarmientos. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor< 0,05).

Pendiente	Altitud	Peso sarmiento (g)
1	M	70,35 a
2	M	41,5 b
3	B	38,41 b
1	B	32,67 b
3	A	29,71 bc
3	M	15,69 c

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor<0,05).

4.2.2.3. Indicadores de Balance de la Planta

- Superficie foliar expuesta potencial/Rendimiento

La relación entre la superficie foliar expuesta y el rendimiento es un indicador de la relación fuente/fosa de la vid.

A continuación (Tabla 21) se muestra la relación SFEP/rendimiento promedio por planta de cada parcela. Los resultados muestran una media general de 1,10 y un desvío estándar de 0,758. Según Carbonneau (1995) para un viñedo conducido en espaldera la relación debe encontrarse en un rango de 0,4 a 0,7 m²/kg para decir que las plantas se encuentran en equilibrio vegetativo-productivo aceptable. En rasgos generales se observa que las parcelas presentan una alta relación vegeto-productiva, es decir, presentan alto vigor.

Tabla 21

Superficie foliar expuesta potencial, Rendimiento y Superficie foliar expuesta potencial / Rendimiento (kg/m²), según parcela

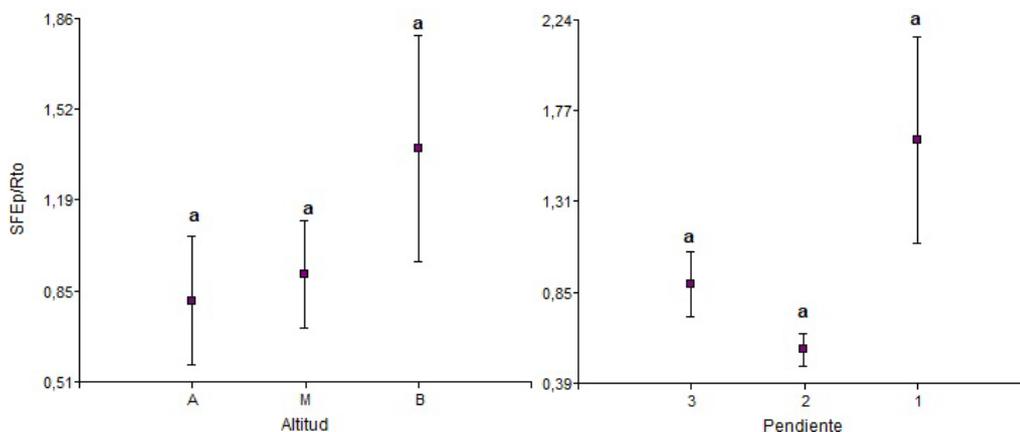
Tratamiento	SFEP/producción
1	0,77
2	0,85
3	1,49
4	0,87
5	0,46
6	0,55
7	1,27
8	0,69
10	2,92
Media general	1,10
Desvío estándar	0,758

En la evaluación de la relación SFEP/Rendimiento según las diferentes condiciones topográficas de altitud y pendiente no se encontraron diferencias significativas (Figura 21).

Cuando se evaluó el efecto conjunto de la altitud y pendiente sobre dicha variable tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 22). Igualmente, si se observa la Tabla 22, en ella se muestran las condiciones en las que se lograría el equilibrio vegetativo-productivo según Carbonneau (1995).

Figura 21

Relación SFEp/Rendimiento (kg/m^2) en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; $p\text{-valor} < 0,05$).

**Tabla 22**

Interacción de la altitud y pendiente sobre la relación SFEp/Rendimiento (kg/m^2). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; $p\text{-valor} < 0,05$).

Altitud	Pendiente	SFEp/Rto
B	1	2,09 a
M	3	1,49 a
A	3	0,81 a
M	1	0,69 a
B	3	0,67 a
M	2	0,55 a

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes ($p\text{-valor} < 0,05$).

- Índice de Ravaz

La relación entre la producción de fruta cosechada y el peso de poda de la madera del año es otro indicador de equilibrio de la planta.

Según se observa a continuación, la media general del Índice de Ravaz (IR) de las parcelas es 4,69 con un desvío estándar de 1,55 (Tabla 23). En base a esto último las parcelas se encuentran fuera del límite aceptable para que una planta se encuentre en equilibrio fisiológico, el cual va de 5 a 10. Un IR < 5 indica un alto vigor, coincidiendo con lo antes mostrado en la Tabla 21 sobre el indicador SFEp/rendimiento.

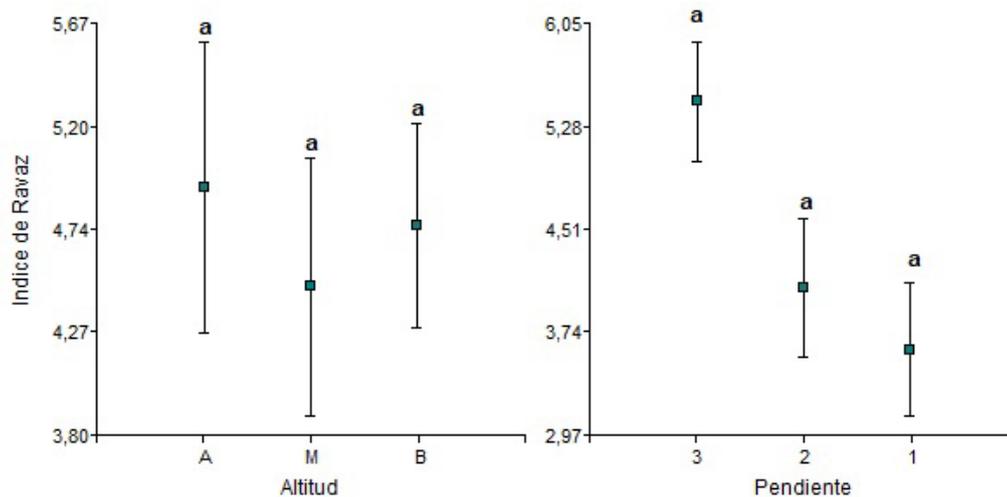
Tabla 23*Rendimiento, peso de poda e Índice de Ravaz según parcela*

Tratamiento	Rto (Kg/pl)	D.E	Peso poda (g)	D.E	Índice De Ravaz	D.E
1	2,26	0,66	398	151,75	6,53	3,09
2	2,27	1,3	683,6	194,39	3,33	1,74
3	1,76	1	245,6	86,56	6,91	4,31
4	3,08	1,75	762,3	216,46	4,38	2,5
5	3,4	1,22	602,5	124,61	6,15	2,66
6	2,9	1,23	776,5	123,86	4,07	1,65
7	2	1,13	456,56	113,33	3,53	3,43
8	2,42	1,43	994,9	257,18	2,45	0,85
10	1,78	0,91	396,9	253,58	4,82	2,84
Media general	2,43		590,76		4,69	
Desvío estándar	0,58		236,62		1,55	

Como se muestra en la Figura 22, las diferentes condiciones de altitud y pendiente no influyen significativamente sobre el equilibrio de las plantas medido por el índice de Ravaz.

Figura 22

Índice de Ravaz en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; p -valor<0,05).



El efecto conjunto de la altitud y pendiente sobre la variable en cuestión muestra diferencias estadísticas significativas (Tabla 24). Se observa que el tratamiento que se encuentra sobre una altitud media y mayor pendiente es el que logró obtener un IR más adecuado. En estas condiciones se logró el menor peso de poda por planta y el menor rendimiento por planta el cual a su vez es mayor la

media nacional reportada para Albariño en Uruguay (INAVI, 2022). Por otro lado, las parcelas que se encuentran en altitud media y menor pendiente presentan mayor vigor el cual puede explicarse por el mayor desarrollo vegetativo dado en estas condiciones (Tabla 17).

Tabla 24

Interacción de la altitud y pendiente sobre el Índice de Ravaz. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	IR
M	3	6,91 a
B	3	5,27 ab
A	3	4,93 ab
B	1	4,21 ab
M	2	4,07 ab
M	1	2,45 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

4.2.3. Composición de la Uva y Potencial Enológico

4.2.3.1. Metabolitos Primarios y Evolución de la Maduración

A partir del estado de envero (35 E-L) se comenzó con el seguimiento de maduración registrando semanalmente peso de baya y realizando análisis de sólidos solubles (g/l), pH y acidez titulable (gH₂SO₄/l), hasta cosecha.

- Peso de baya.

Se presenta la evolución del peso de la baya (g) de las parcelas tratadas (Figura 23). En la misma se muestra que las parcelas evolucionan de igual forma hasta las últimas dos fechas donde se pueden ver diferencias en el peso el cual aumenta significativamente en unas más que en otras. A su vez no hay diferencias estadísticamente significativas entre dichas parcelas para ambas fechas en cuestión (10/02 y 16/02).

La media general de dichas parcelas a cosecha fue de 1,59 g/baya (Figura 24). Mayor al dato de 1,22 gramos de peso por baya reportado por varios autores para la variedad Albariño (Boso et al., 2008; Martínez-Rodríguez et al., 2009; Junquera et al., 2015) y que podría explicarse por el aumento de las precipitaciones sobre la época de madurez de la uva.

Figura 24
Evolución del peso por baya (g) de las parcelas.

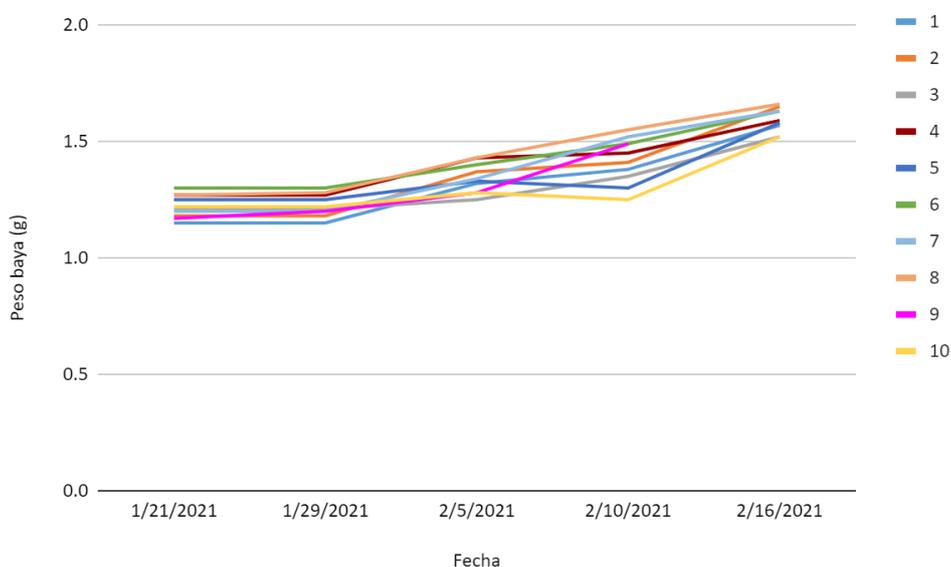
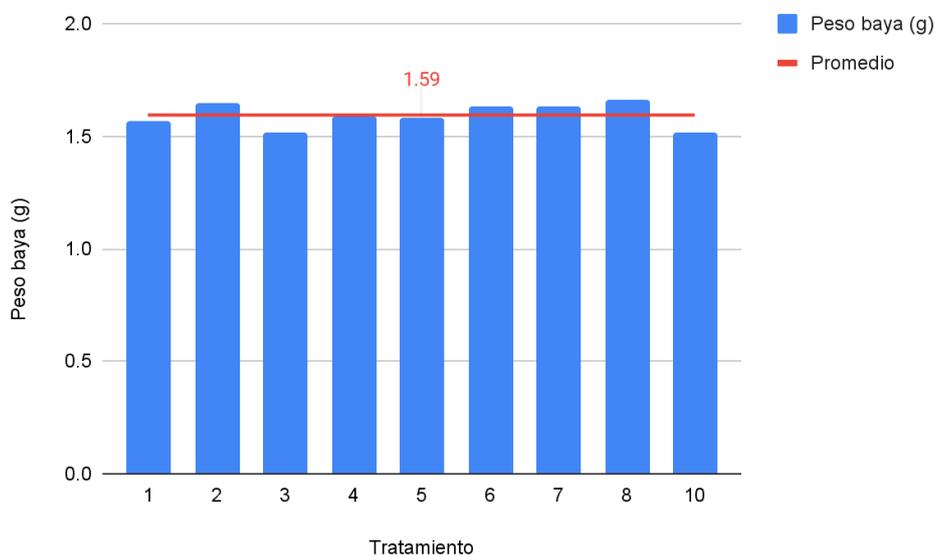


Figura 23
Peso de baya de Albariño en cosecha.



En la evaluación del resultado de peso de baya en cosecha en relación a la altitud y pendiente no se observaron diferencias significativas (Figura 25). Cuando se evaluó el efecto de la altitud por pendiente sobre dicha variable tampoco se registraron diferencias significativas (Tabla 25). Esto sería un buen resultado desde una perspectiva enológica dado que como reconocen varios autores, las diferencias de la fruta en cosecha se traducen en diferencias

sensoriales en los vinos. Esto último mencionan Pineau et al. (2011) en la evaluación de Sauvignon blanc.

Además, los resultados obtenidos concuerdan con lo mostrado anteriormente en la Tabla 10 cuando se evaluaron los componentes de la baya en la cual no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las distintas condiciones topográficas.

Figura 25

Peso de baya en Albariño según condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias significativas por ANOVA (test de Tukey; p-valor<0,05).

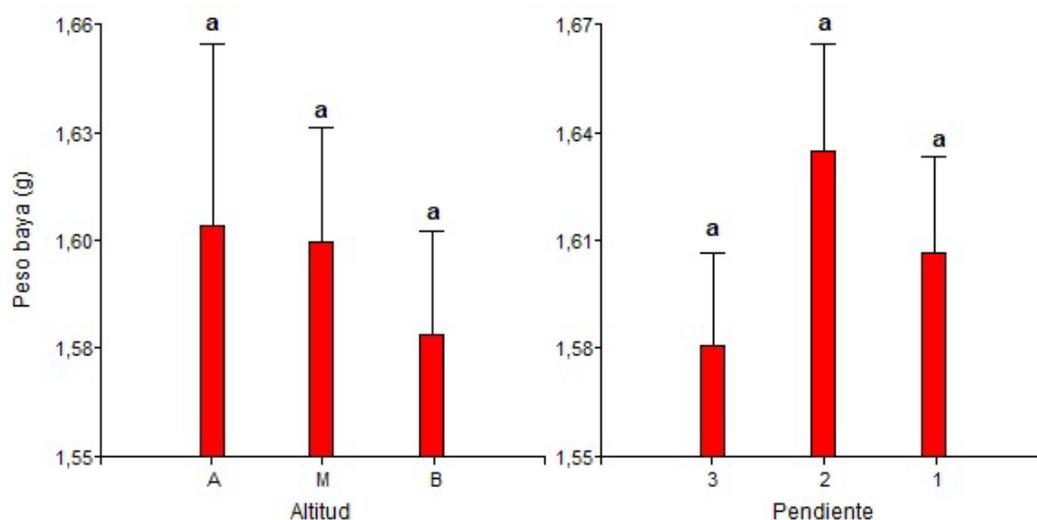


Tabla 25

Interacción de la altitud y pendiente sobre el peso de baya Albariño (g). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor< 0,05).

Altitud	Pendiente	Peso baya (g)
M	1	1,66 a
M	2	1,63 a
A	3	1,61 a
B	3	1,58 a
B	1	1,58 a
M	3	1,52 a

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor<0,05).

- Evolución de los sólidos solubles totales (SST)

La cinética de acumulación de SST (g/L) muestra diferencias entre las parcelas durante la evolución. Como puede verse en la Figura 26, particularmente en la fecha 10/2, se observan algunos quiebres, donde disminuye la acumulación de sólidos solubles. Esto puede estar relacionado con las precipitaciones que se dieron el 8 de febrero, las cuales fueron 40 mm.

La media general de las parcelas a cosecha fue de 195,36 g/L (Figura 27), menor a los reportados por Fourment et al. (2022), Vivero (2021), García (2018) y Mirás Avalos et al. (2012). A su vez esta cantidad de azúcares se traduce en menor alcohol probable en comparación a los reportados por los autores antes mencionados, los que rondan en 13% v/v. Estos resultados pueden estar explicados por las precipitaciones dadas en este año en particular sobre la madurez de la uva (Figura 11), las cuales disminuyen la acumulación de azúcares por dilución y aumento del tamaño de la baya (Ferrer et al., 2018; Ojeda, 2007).

Sin embargo, se observan diferencias en la acumulación de sólidos solubles a cosecha, siendo la parcela 6 la que logró la mayor acumulación de 202,5 g/L y la parcela 4 la que logró menor acumulación de 190 g/L. Estos resultados pueden estar relacionados con la exposición de la pendiente la cual es hacia el Norte y hacia el Sur para dichas parcelas respectivamente, lográndose la mayor intercepción de radiación solar en la primera lo cual repercute en la acumulación de azúcares en la baya según varios autores (Santibáñez et al., 1989; Baeza et al., 2001, 2010).

La parcela 9 fue cosechada con anterioridad por lo que no se pudo registrar su dato final.

Figura 26

Evolución de los SST (g/L) de las parcelas.

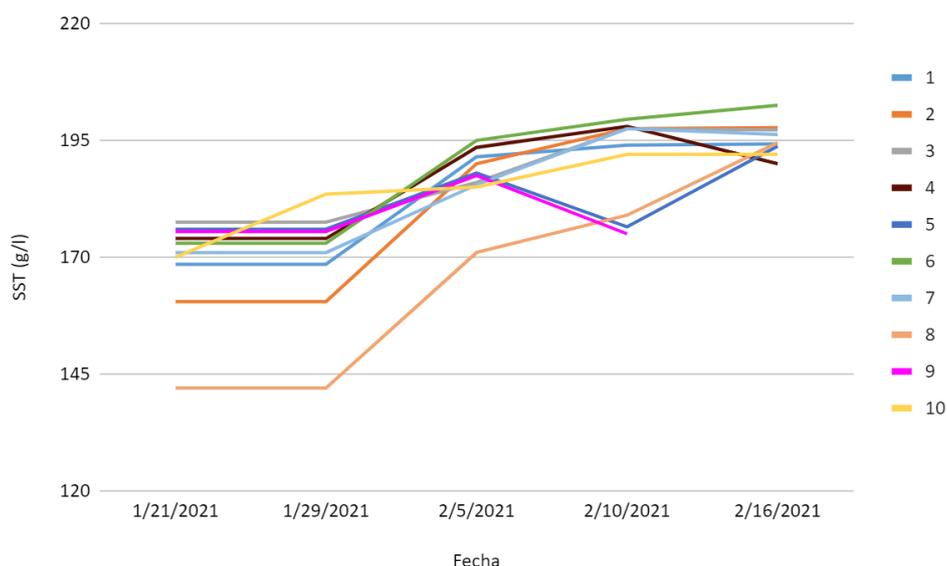
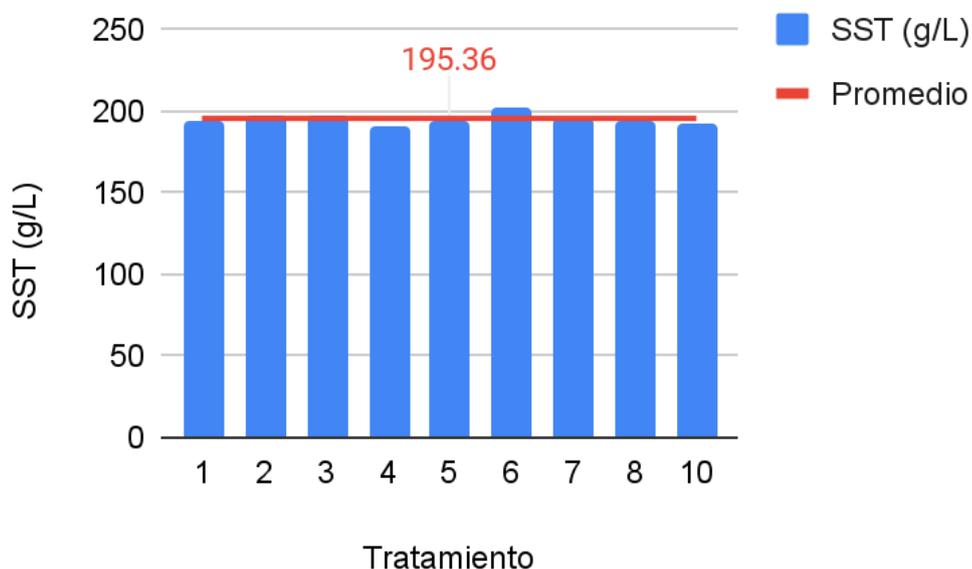


Figura 27

Sólidos solubles totales a cosecha en las parcelas de Albariño.



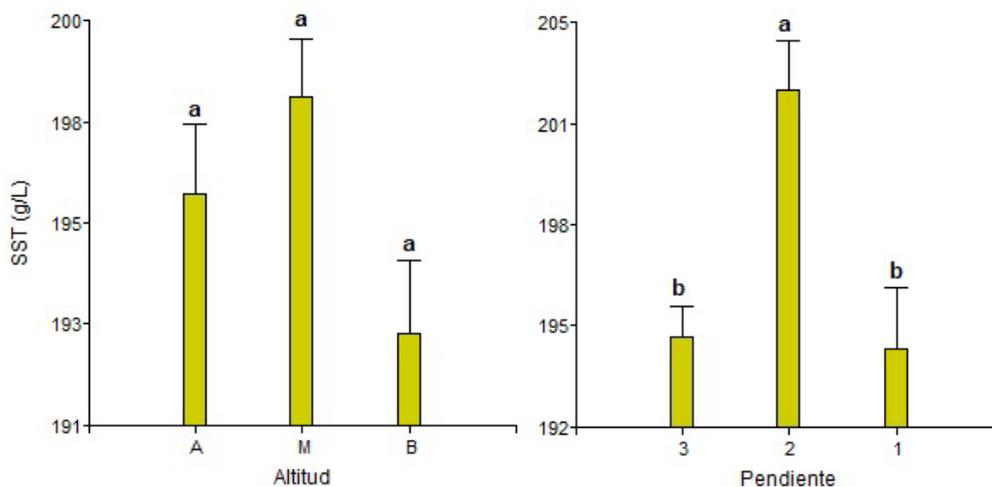
En la evaluación de los sólidos solubles totales (g/L) a cosecha se observa que no hay diferencias significativas en las distintas condiciones de altitud. Sin embargo, en las distintas condiciones de pendiente sí se observan diferencias significativas (Figura 28). Bajo condiciones de pendiente categoría 2 se da la mayor acumulación de azúcares, siendo estos 202,5 g/L, esto podría explicarse por la mayor acumulación de grados días que se registran en estas condiciones (Tabla 5).

Cuando se evalúa el efecto de la altitud por pendiente sobre la variable en cuestión se observa que en condiciones de altitud media y pendiente categoría 2 se logra la mayor acumulación de azúcar de 202,5 g/L (Tabla 26). En estas condiciones las plantas se encuentran en equilibrio vegetativo-productivo según Carbonneau (1995), favoreciendo la maduración de la uva y por consiguiente la acumulación de azúcares (Tabla 22).

En altitud más baja y pendiente categoría 3 se logra la menor acumulación de 191,88 g/L (Tabla 26). Es en estas condiciones donde también se logra el mayor rendimiento (Tabla 9), lo que podría influir sobre la disponibilidad de carbohidratos para los frutos, derivando en menor producción de azúcares y metabolitos secundarios. A su vez en altitudes bajas es donde se acumula mayormente el agua influyendo sobre la calidad del mosto como se describió anteriormente.

Figura 28

Relación entre los sólidos solubles totales en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).

**Tabla 26**

Interacción de la altitud y pendiente sobre SST (g/L). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	SST (g/L)
M	2	202,5 a
M	3	197,25 ab
A	3	196 ab
M	1	194,5 ab
B	1	194,13 ab
B	3	191,88 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p -valor < 0,05).

- Evolución del pH

La cinética de evolución del pH no mostró diferencias significativas (Figura 29). En cosecha se registró una media general de las parcelas de 3,05 (Figura 30). El pH más alto fue 3,12 y 3,10 en las parcelas 8 y 6 respectivamente y el menor valor fue en la parcela 4 siendo este 2,96. Dichos datos se aproximan al pH 3,2 registrado por Fourment et al. (2022).

Figura 30
Evolución del pH de las parcelas de Albariño.

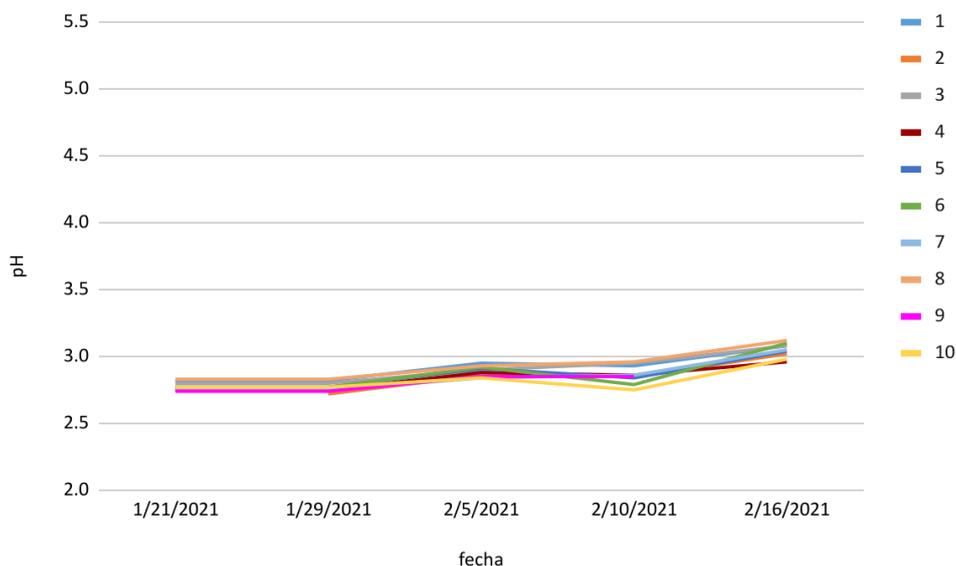
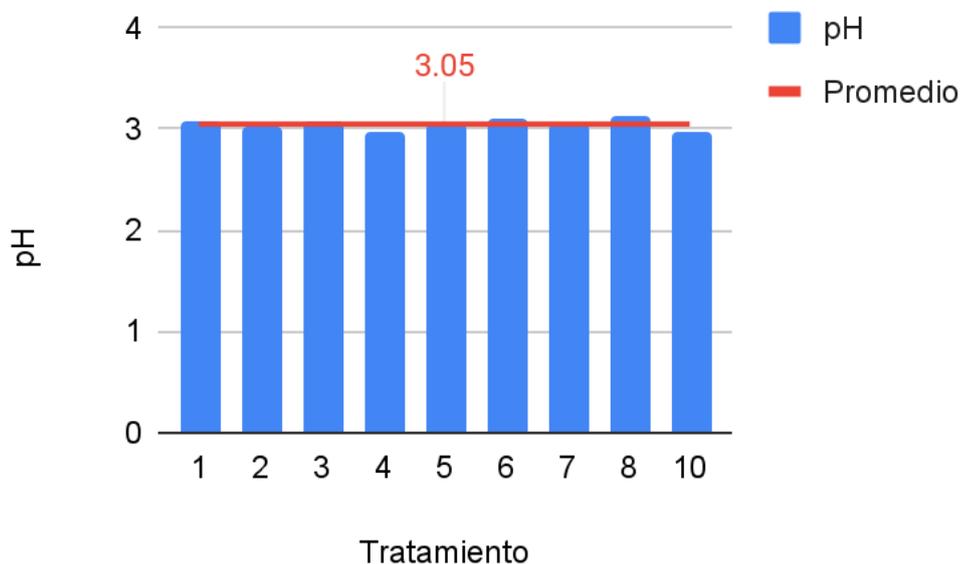


Figura 29
pH a cosecha de las parcelas de Albariño.



Los resultados de pH en cosecha no muestran diferencias significativas cuando se evalúa el efecto de la pendiente. Por el contrario, el pH se ve afectado por el efecto de las diferentes altitudes (Figura 31).

Como se mencionó anteriormente hubo diferencias significativas en las diferentes condiciones de altitud, siendo altitud media en la que se registró mayor pH (3,10) y en altitud baja en la que se registró menor pH (3,01). Esto último

responde a la dinámica de los ácidos en la maduración los cuales disminuyen más con temperaturas cálidas, de acuerdo a Hidalgo Togores (2006). Aunque no se observaron diferencias significativas en temperatura máxima y temperatura máxima absoluta, en la Tabla 5 se observa que en altitud media es donde se registran los mayores valores de temperatura. Teniendo en cuenta que el pH mide el grado de acidez o alcalinidad del mosto, es probable que el mayor pH en altitud media se deba al efecto de la mayor temperatura sobre los ácidos (Fourment et al., 2017).

En la Tabla 27 se muestra el efecto conjunto de altitud por pendiente, donde los pH más altos se dan bajo condiciones de altitud media y pendiente categoría 1. Por otro lado, en altitud baja y pendiente categoría 3 se da el pH más bajo, lo cual concuerda con la mayor acidez titulable observada en estas condiciones según Tabla 28.

Figura 31

Relación entre el pH en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).

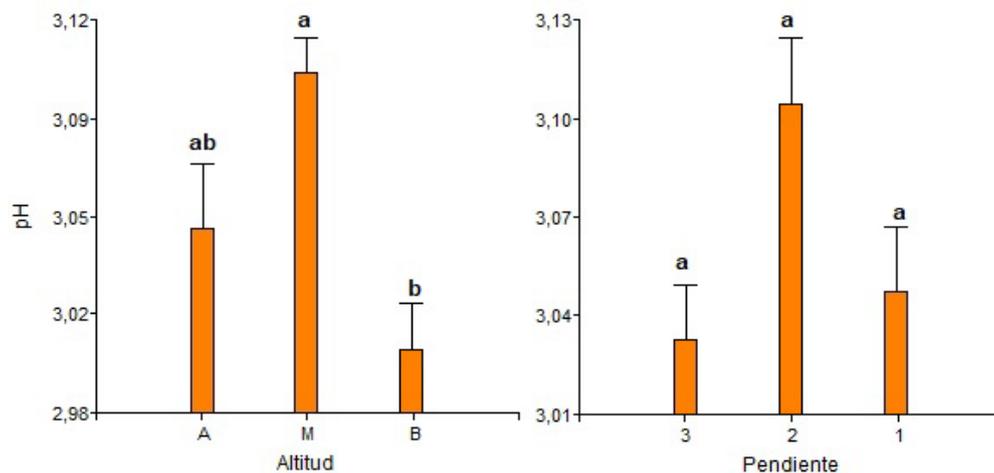


Tabla 27

*Interacción de la altitud y pendiente sobre el pH del mosto de Albariño.
Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).*

Altitud	Pendiente	pH
M	1	3,12 a
M	2	3,10 ab
M	3	3,08 ab
A	3	3,05 ab
B	1	3,01 ab
B	3	3 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

- Evolución de la acidez

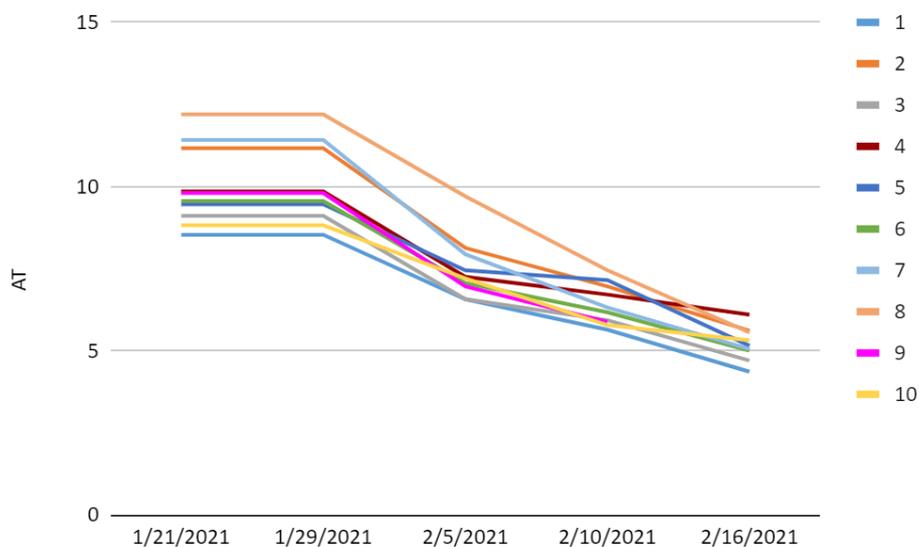
La cinética de evolución de la acidez titulable ($\text{gH}_2\text{SO}_4/\text{l}$) fue en disminución como es de esperarse en el proceso de maduración de la baya según menciona Hidalgo Togores (2006). La misma no mostró mayores diferencias con excepción del momento de cosecha (Figura 32).

La media general de las parcelas dio $5,2 \text{ gH}_2\text{SO}_4/\text{l}$ (Figura 33), coincidiendo con el $5,2 \text{ gH}_2\text{SO}_4/\text{l}$ registrado por Fourment et al. (2022).

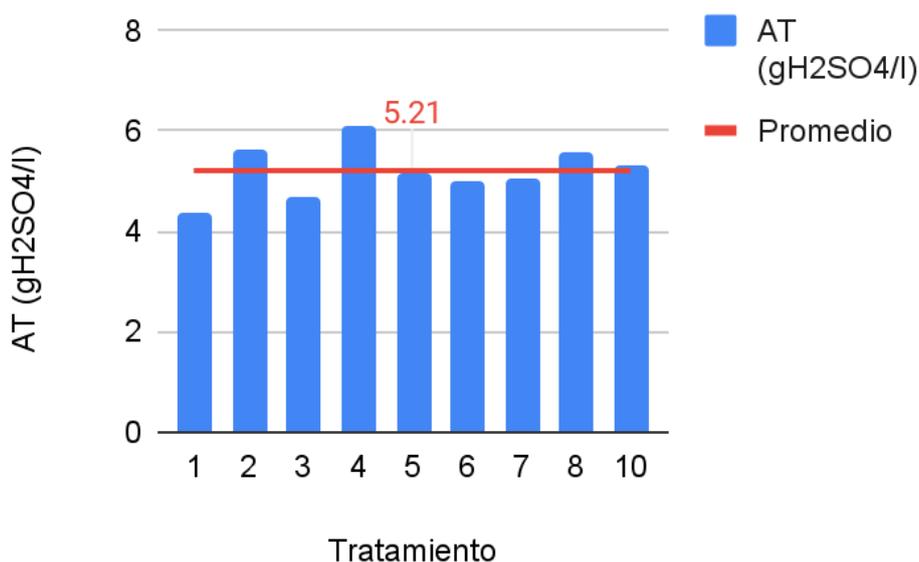
Al momento de cosecha el valor de acidez más bajo se reportó en la parcela 1 la cual dio 4,36 y el valor más alto fue en la parcela 4, siendo este 6,10 $\text{gH}_2\text{SO}_4/\text{l}$. En base a esto último se puede inferir que el resultado de la parcela 1 estaría dado por el efecto de la mayor altitud que presenta la misma y también por la exposición de la pendiente la cual es hacia el norte. Dichas condiciones favorecen la mayor exposición a la radiación, aumentando la temperatura sobre las plantas y las bayas y por consiguiente disminuyendo la acidez, que como se dijo antes, disminuye con temperaturas cálidas.

Figura 33

Evolución de la acidez titulable (gH₂SO₄/l) de las parcelas.

**Figura 32**

Acidez titulable (gH₂SO₄/l) de las parcelas de albariño a cosecha.

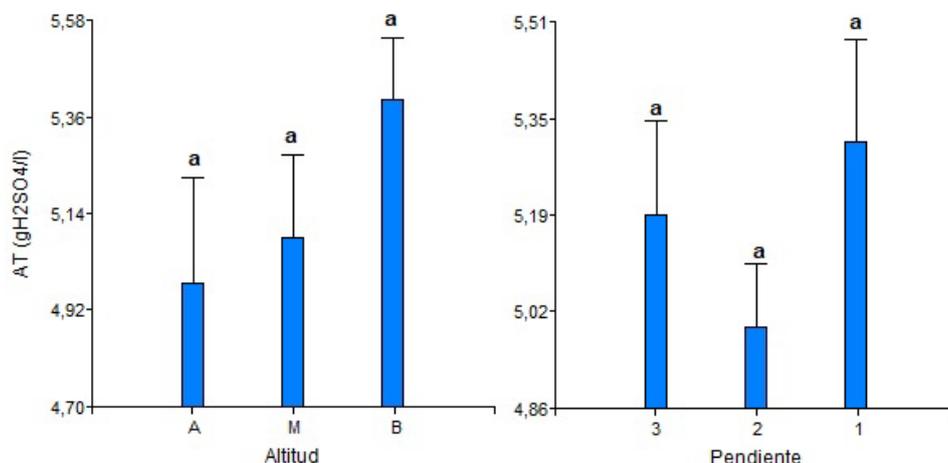


No se observaron diferencias significativas en la relación acidez titulable a cosecha en las diferentes condiciones topográficas de altitud y pendiente (Figura 34).

En la evaluación del efecto conjunto de altitud por pendiente tampoco se encontraron diferencias significativas (Tabla 28). Igualmente se muestra que en condiciones de mayor pendiente se logra mayor acidez, siendo 5,62 g/L el cual coincide con Fourment et al. (2022).

Figura 34

Relación entre la acidez titulable (gH₂SO₄/l) en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

**Tabla 28**

Interacción de la altitud y pendiente sobre la acidez titulable (gH₂SO₄/l) del mosto de Albariño. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p-valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	AT (gH ₂ SO ₄ /l)
M	3	4,70 a
A	3	4,99 a
M	2	5,00 a
B	1	5,18 a
M	1	5,56 a
B	3	5,62 a

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p-valor < 0,05).

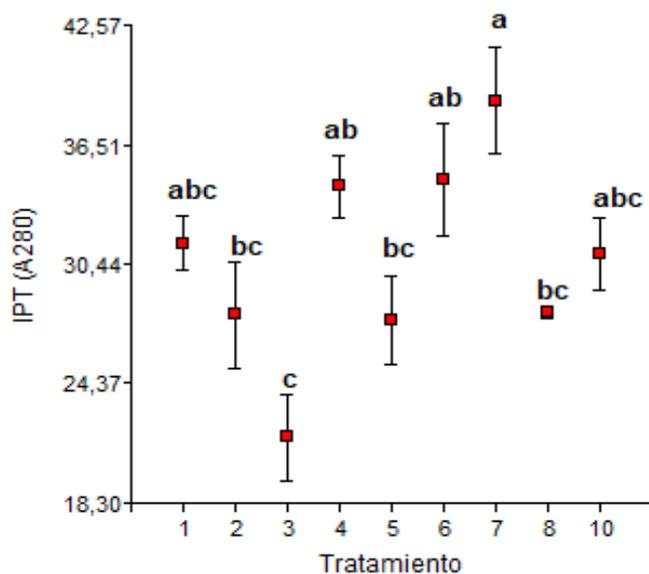
4.2.3.2. Metabolitos Secundarios: Índice de Polifenoles Totales (IPT)

En la siguiente Figura 35, se muestran los resultados de riqueza fenólica a cosecha, medidos por el índice de polifenoles totales (A280). Los resultados mostraron diferencias significativas entre las parcelas. La parcela 7 es la que registró la mayor cantidad de polifenoles totales siendo esta 38,75 PR. Esto se podría ver explicado por el efecto de la amplitud térmica (AT), como se mostró anteriormente dicha parcela es la que presenta mayor AT y como menciona Hidalgo Togores (2006) la alternancia de temperaturas altas y bajas entre día y noche favorecen la acumulación de polifenoles.

En cuanto a la media general de la riqueza polifenólica a cosecha fue 30,59 PR, coincidiendo con lo reportado por Fourment et al. (2022).

Figura 35

Riqueza polifenólica a cosecha en Albariño. Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).



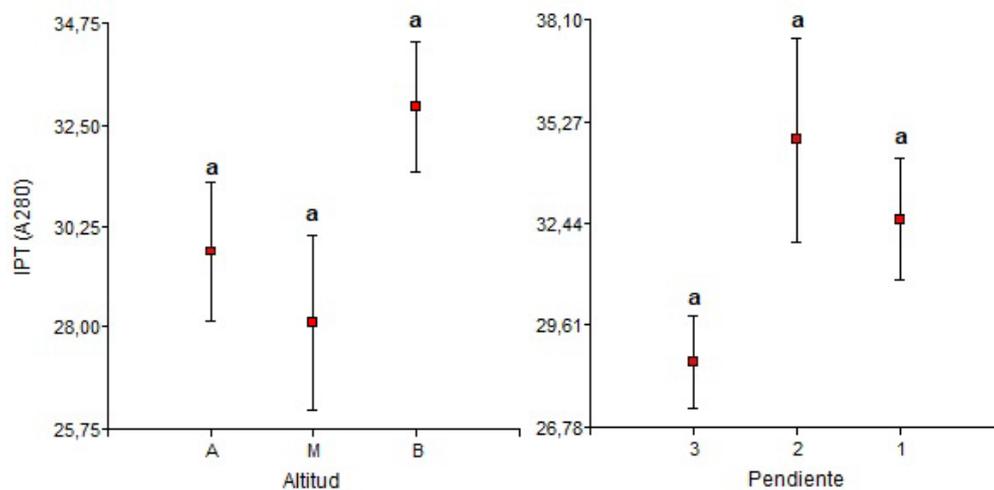
Los resultados de IPT (A280) no mostraron diferencias significativas en las diferentes condiciones de altitud y pendiente (Figura 36).

Por otro lado, en la evaluación conjunta del efecto altitud por pendiente sobre la riqueza fenólica de la variedad si se encontraron diferencias significativas. Los mayores resultados se dieron en condiciones de baja altitud y con pendiente categoría 1 siendo 34,85 PR (Tabla 29). En estas condiciones es donde también se logran las temperaturas más frías y menor IF lo cual concuerda con Fourment et al. (2017) donde mencionan que en las parcelas más frías durante la noche es donde se logran los niveles más altos de riqueza de polifenoles en la cosecha.

El contenido fenólico es de gran interés en los vinos por su contribución a las cualidades sensoriales y químicas del vino, además de los posibles efectos benéficos en la salud humana. Por otra parte, Mitić et al. (2010) determinaron una correlación alta y significativa entre la actividad oxidante y el contenido fenólico total en variedades blancas. Esto último también puede ser un problema desde el punto de vista de la calidad del vino ya que puede ser perjudicial en la alteración del color (pardeamiento) y disminución del brillo. Además, influyen en el sabor, amargor y astringencia del producto final. Por lo cual los niveles más altos de polifenoles no siempre son un buen indicador, especialmente en vinos blancos dada la complejidad de los mismos.

Figura 36

Polifenoles totales medidos a A280 (unidades de absorbancia) en Albariño según las diferentes condiciones topográficas de altitud (izquierda) y pendiente (derecha). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).

**Tabla 29**

Interacción de la altitud y pendiente sobre el IPT (A280). Diferencias analizadas por ANOVA (test de Tukey; p -valor < 0,05).

Altitud	Pendiente	IPT (A280)
M	3	21,63 a
M	1	27,95 ab
A	3	29,68 ab
B	3	30,96 b
M	2	34,75 b
B	1	34,85 b

Nota. Valores con igual letra no son significativamente diferentes (p -valor < 0,05).

4.3. Relación del topo-clima con el comportamiento agronómico y potencial enológico de Albariño en el este de Uruguay.

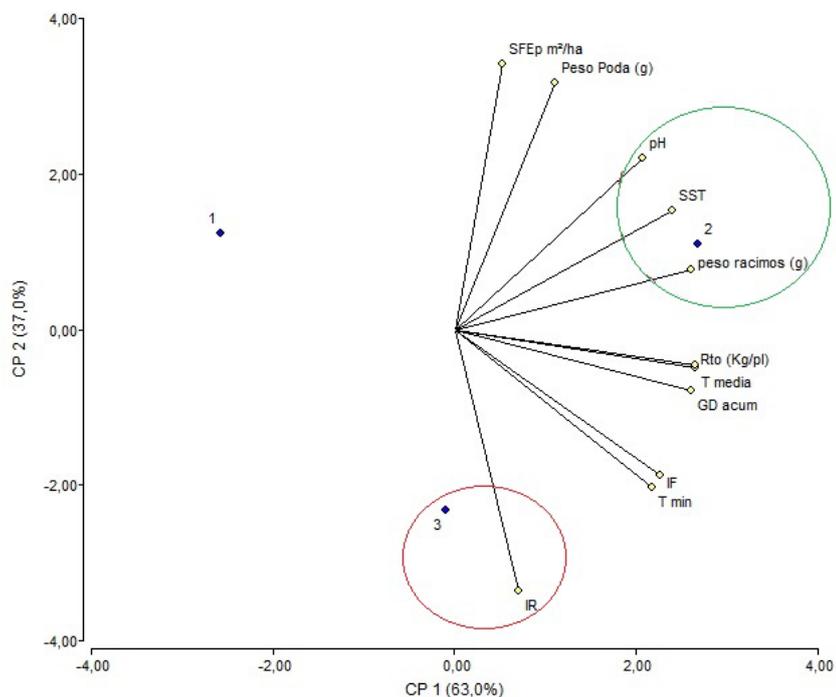
En el análisis de componentes principales (ACP) se evaluaron las variables climáticas (temp. min, temp. media, GD acum e IF) y agronómicas (rendimiento, peso racimo, IR, peso poda, SFEp, SST y pH) que tuvieron respuesta al efecto de las diferentes condiciones topográficas de altitud y pendiente en los análisis de varianzas de medias (ANAVA con test de Tukey; $p < 0,05$).

El ACP asocia las variables seleccionadas en base a las categorías topográficas de pendiente (Figura 37) y altitud (Figura 39), representando el 100 % de la variabilidad total en ambos casos.

En el ACP en base a la pendiente (Figura 37) el componente principal 1 (CP 1) representa el 63% de la variabilidad total. Las variables que representaron mayormente este componente ($p \geq 0,8$) fueron temp. min, temp. media, GD acum, IF, rendimiento, peso racimos, pH y SST. Algunas de estas variables mostraron asociación entre ellas (Figura 38); IF y temp. min se correlacionaron positivamente ($r=1$ y $p= 0,0343$), al igual que rendimiento y temp. media ($r=1$ y $p= 0,005$). También se observó que la condición topográfica asociada a pH, SST y peso de racimos es pendiente categoría 2, tal como se mostró en los resultados (Composición de la uva y potencial enológico; Producción de uva). Por otro lado, el IF, temperatura mínima y temperatura media no se vieron relacionadas a la pendiente incluso se muestran opuestas a dicho efecto, a diferencia con lo observado en el análisis de varianza de medias (ANAVA) donde se observó el efecto de la pendiente, sobre todo el efecto de la pendiente categoría 1 (Tabla 5). El componente principal 2 (CP 2) representa el 37% de la variabilidad total. El mismo se asoció a las variables SFEp, peso poda y estos últimos inversamente relacionados al IR, este último cercano a la pendiente categoría 3. Esto confirma los resultados obtenidos de Indicadores de balance de la planta, donde los tratamientos que se encuentran en condiciones de pendiente categoría 3 fueron significativos y lograron obtener el IR más adecuado.

Figura 37

Análisis de componentes principales de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de pendiente.

**Figura 38**

Matriz de correlación general de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de pendiente.

Matriz de correlación/Coeficientes											
	T min	T media	GD acum	IF	Rto (Kg/pl)	Peso racimos (g)	IR	Peso poda (g)	SFEp m ² /ha	SST	pH
T min	1,00										
T media	0,89	1,00									
GD acum	0,92	1,00	1,00								
IF	1,00	0,91	0,94	1,00							
Rto (Kg/pl)	0,88	1,00	1,00	0,91	1,00						
Peso racimos (g)	0,67	0,94	0,90	0,71	0,94	1,00					
IR	0,77	0,39	0,47	0,74	0,39	0,04	1,00				
Peso poda (g)	-0,19	0,28	0,19	-0,14	0,29	0,60	-0,77	1,00			
SFEp m ² /ha	-0,41	0,06	-0,03	-0,36	0,07	0,41	-0,89	0,98	1,00		
SST	0,48	0,83	0,78	0,52	0,83	0,97	-0,19	0,77	0,61	1,00	
pH	0,26	0,68	0,61	0,32	0,69	0,89	-0,41	0,90	0,77	0,97	1,00
Matriz de correlación/Probabilidades											
	T min	T media	GD acum	IF	Rto (Kg/pl)	Peso racimos (g)	IR	Peso poda (g)	SFEp m ² /ha	SST	pH
T min											
T media	0,3056										
GD acum	0,2483	0,0574									
IF	0,0343	0,2714	0,2140								
Rto (Kg/pl)	0,3106	0,0050	0,0624	0,2764							
Peso racimos (g)	0,5349	0,2293	0,2867	0,5007	0,2243						
IR	0,4370	0,7427	0,6853	0,4713	0,7477	0,9720					
Peso poda (g)	0,8759	0,8184	0,8758	0,9102	0,8134	0,5891	0,4389				
SFEp m ² /ha	0,7334	0,9610	0,9816	0,7676	0,9560	0,7317	0,2963	0,1426			
SST	0,6829	0,3773	0,4346	0,6487	0,3723	0,1480	0,8800	0,4411	0,5837		
pH	0,8301	0,5245	0,5818	0,7958	0,5194	0,2952	0,7329	0,2940	0,4365	0,1472	

El ACP en base a las diferentes condiciones de altitud (Figura 39) mostró que el CP1 representa la mayor proporción de la variabilidad, siendo el 73,7% de la variabilidad total. Fueron las variables temp. min, temp. media, GD acum, IF, SFEP, SST y pH las que representaron mayormente este componente ($p \geq 0,8$). Las variables que mostraron correlación fuerte, fueron SFEP con la temp.media ($r=1$ y $p=0,048$) y con el IF ($r=1$ y $p=0,05$). Estas tres variables se posicionaron cercanas a la categoría de altitud alta. Las variables temperatura media, temperatura mínima e índice de frescor nocturno se asociaron a altura alta, lo cual es opuesto a lo observado en la evaluación de los índices bioclimáticos ya que los mismos se asociaron a altitudes bajas (Tabla 5).

Por otra parte, también se correlacionaron positivamente GD acum y SST ($r=1$ y $p=0,04$), ambas variables asociadas a la categoría de altitud media. Esto también se vio en los resultados anteriores a pesar de que el análisis no diera significativo, las parcelas de altitud media lograban acumular mayor cantidad de GD (11 GD y 46,97 GD más que categoría alta y baja respectivamente), como también de SST (202,5 g/L en altitud media).

El CP 2 representa el 26,3% de la variabilidad total, siendo las variables peso poda e IR las que explican gran parte de esta variabilidad. Estas últimas están inversamente correlacionadas ($r= -0,98$ y $p= 0,1185$), siendo este un resultado esperable ya que el IR se calcula como el rendimiento sobre el peso de poda.

Figura 39

Análisis de componentes principales de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de altitud.

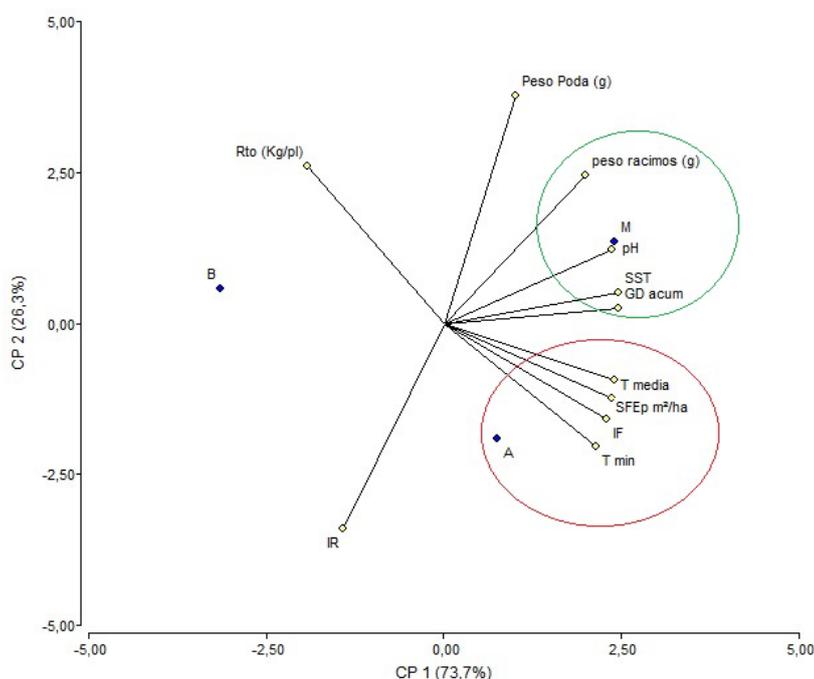


Figura 40

Matriz de correlación general de las variables climáticas y agronómicas en base a las categorías topográficas de altitud.

Matriz de correlación/Coeficientes											
	T min	T media	GD acum	IF	Rto (Kg/pl)	Peso racimos (g)	IR	Peso poda (g)	SFEp m ² /ha	SST	pH
T min	1,00										
T media	0,96	1,00									
GD acum	0,84	0,96	1,00								
IF	0,99	0,99	0,90	1,00							
Rto (Kg/pl)	-0,99	-0,90	-0,74	-0,96	1,00						
Peso racimos (g)	0,41	0,65	0,84	0,52	-0,25	1,00					
IR	-0,09	-0,37	-0,62	-0,21	-0,07	-0,95	1,00				
Peso poda (g)	-0,10	0,19	0,46	0,03	0,26	0,87	-0,98	1,00			
SFEp m ² /ha	0,98	1,00	0,93	1,00	-0,93	0,59	-0,30	0,12	1,00		
SST	0,80	0,94	1,00	0,87	-0,69	0,87	-0,67	0,52	0,91	1,00	
pH	0,69	0,86	0,97	0,77	-0,56	0,94	-0,79	0,66	0,82	0,99	1,00
Matriz de correlación/Probabilidades											
	T min	T media	GD acum	IF	Rto (Kg/pl)	Peso racimos (g)	IR	Peso poda (g)	SFEp m ² /ha	SST	pH
T min											
T media	0,1829										
GD acum	0,3655	0,1826									
IF	0,0795	0,1034	0,2860								
Rto (Kg/pl)	0,1054	0,2884	0,4709	0,1850							
Peso racimos (g)	0,7334	0,5505	0,3679	0,6539	0,8389						
IR	0,9421	0,7592	0,5766	0,8626	0,9524	0,2087					
Peso poda (g)	0,9394	0,8777	0,6951	0,9811	0,8340	0,3272	0,1185				
SFEp m ² /ha	0,1341	0,0489	0,2314	0,0546	0,2395	0,5993	0,8080	0,9265			
SST	0,4079	0,2249	0,0424	0,3284	0,5133	0,3255	0,5343	0,6527	0,2738		
pH	0,5181	0,3351	0,1526	0,4386	0,6235	0,2153	0,4240	0,5425	0,3840	0,1102	

En resumen, los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales entre variables climáticas y agronómicas según categorías topográficas, permitió observar las principales variables que definen cada categoría. Las variables agronómicas se asociaron a condiciones topográficas intermedias, de pendiente categoría 2 y altitud media. Las variables climáticas se asociaron a la influencia de la altitud (Tachini, 2021) y no se mostraron influenciadas por la pendiente, permitiendo suponer que en esta región de estudio, el meso clima se define por la exposición al mar (altitudes altas vs. altitudes bajas). Esto último coincide con lo expuesto por Quénoel (2011) que menciona a la altitud como el principal factor de la variabilidad espacial de la temperatura y a esto le suma el efecto de la continentalidad como factores relevantes.

5. CONCLUSIONES

En base a los objetivos e hipótesis planteados en este estudio, a continuación se exponen las principales conclusiones obtenidas para la temporada analizada (2020-2021).

Desde el punto de vista del meso clima, se puede confirmar que:

- Las distintas condiciones topográficas influyen sobre la temperatura de las parcelas en las diferentes zonas estudiadas.
- Las variables climáticas que mostraron variabilidad espacial al efecto de las diferentes condiciones topográficas fueron: temperatura mínima, temperatura media, grados días acumulados e índice de frescor nocturno.
- Las variables climáticas se asociaron principalmente a la influencia de la altitud, permitiendo suponer que en esta región el meso-clima se define por la exposición al Océano Atlántico (altitudes altas vs altitudes bajas).

Desde el punto de vista de la respuesta del Albariño en el viñedo, se puede confirmar lo siguiente:

- Las variables agronómicas que respondieron al efecto de las condiciones topográficas fueron: rendimiento (kg/pl), peso de racimo (g), peso de poda (g), peso/sarmiento (g), SFEp (m²/ha), SST (g/L), pH e IPT.
- Las variables agronómicas que respondieron al efecto de las distintas condiciones de altitud y pendiente se asociaron mayormente a condiciones topográficas intermedias, de pendiente categoría 2 y altitud media.
- La sensibilidad de la variedad al meso-clima se puede ver en las parcelas provenientes de pendientes intermedias donde se obtuvo un rendimiento de 14500 kg/ha (1700 y 4150 kg/ha más que en parcelas con mayor y menor pendiente respectivamente); rendimiento enfermo de 0,17 kg/pl y 202,5 g/L de azúcares (7,9 g/L y 8,25 g/L más que en parcelas con mayor y menor pendiente respectivamente).

En resumen, se concluye que la variedad Albariño presenta respuesta al meso-clima. La variabilidad espacial generada por la topografía influye en el comportamiento agronómico y potencial enológico de la variedad por lo que son variables de importancia a tener en cuenta para la elección de un sitio de implantación de un viñedo como también para la obtención de un producto determinado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Villaverde, V., Boso, S., Santiago, J. L., Gago, P., Rodríguez-García, M. I., & del Carmen Martínez, M. (2011). Leaf thickness and structure of *Vitis vinífera* L. CV. Albariño clones and its possible relation with susceptibility to downy mildew (*Plasmopara vitícola*) infection. *OENO One*, *45*(3), 161-169.
- Amerine, M. A., & Winkler, A. T. (1944). Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia*, *15*(6), 493-675.
<https://doi.org/10.3733/hilg.v15n06p493>
- Baeza, P., Lissarrague, J. R., Ruíz, C., & Sánchez de Miguel, P. (2001). *Sistema de conducción del viñedo* [Conjunto de datos]. Grupo de investigación, Universidad Politécnica de Madrid.
https://www.researchgate.net/profile/Pilar-Baeza/publication/277223602_Sistemas_de_conduccion_del_vinedo/links/56150efd08ae4ce3cc650783/Sistemas-de-conduccion-del-vinedo.pdf
- Baeza, P., Sánchez-De-Miguel, P., & Lissarrague, J. R. (2010). Radiation Balance in Vineyards. En S. Delrot, H. Medrano, E. Or, L. Bavaresco, & S. Grando (Eds.), *Methodologies and Results in Grapevine Research* (pp. 21-29). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9283-0_2
- Baptista, B. (2015). La temprana vitivinicultura en Uruguay: Surgimiento y consolidación (1870-1930). En A. Berreta 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.csic.edu.uy/sites/csic/files/publicacion5b896ee9734a89.17701635.pdf>
- 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. *OENO One*, *46*(1), 1-13.
- Bonnefoy, C., Quénot, 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>
- Borda, M. (2017). Amplitud térmica. *AgroBarrow*, *60*, 20-21.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_agrobarrow_60_julio2017.pdf

- Boso, S., Santiago, J., & Martínez, M. (2008). La influencia de los portainjertos 110- Richter y SO4 en el rendimiento de los vástagos de *Vitis vinifera* L. cv. clones de Albariño. *Revista española de investigación agraria*, 6(1), 96-104.
- Cabello-Pasini, A., Macias-Carranza, V., & Mejía-Trejo, A. (2017). Efecto del mesoclima en la maduración de uva Nebbiolo (*Vitis vinifera*) en el Valle de Guadalupe, Baja California, México. *Agrociencia*, 51(6), 617-633. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n6/1405-3195-agro-51-06-00617-en.pdf>
- Cancela, J. J., Trigo-Córdoba, E., Martínez, E. M., Rey, B. J., Bouzas-Cid, Y., Fandiño, M., & Mirás-Avalos, J. M. (2016). Effects of climate variability on irrigation scheduling in white varieties of *Vitis vinifera* (L.) of NW Spain. *Agricultural Water Management*, 170, 99-109.
- Carbonneau, A. (1995). La surface foliaire exposée: Guide pour sa mesure. *Le Progrès Agricole et Viticole*, 9, 204-212.
- Carbonneau, A., Moueix, A., Leclair, N., & Renoux, J. (1991). Proposition d'une méthode de prélèvement de raisins à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep. *Bulletin de l'OIV*, 64, 679-690.
- Coombe, B. G. (1995). Growth stages of the grapevine; adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 104-110. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>
- Deloire, A., & Pellegrino, A. (2021, setiembre). Review of vine water deficit: What levers for the vineyard in the short and medium term? *IVES Technical Reviews vine and wine*. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2021.4842>
- Ferrer, M. (2007). *Étude du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysiologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot*. [Tesis de doctorado]. Université de Montpellier II.
- Ferrer, M., Echeverría, G., & Miras-Ávalos, J. (2017). Meteorological conditions: Influence on yield, sanitary status and grape composition. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 3(8), 16-27. <https://dx.doi.org/10.25125/agriculture-journal-IJOEAR-AUG-2017-3>

- Ferrer, M., Echeverría, G., Pereyra, G., Salvarrey, J., Arrillaga, L., & Fourment, M. (2018). Variación del clima de un Terroir y su consecuencia sobre la respuesta de la vid. *E3S Web of Conferences*, 50, Artículo 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001002>
- 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* [Tesis de doctorado]. Universidad de la República. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/28275/1/FourmentReissigMar%c3%adaMercedes.pdf>
- Fourment, M., Bonnardot, V., Planchon, O., Ferrer, M., & Herve, Q. (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., Neves, G., Barbeau, G., Bonnardot, V., & Quéno, 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://doi.org/10.1007/s00484-017-1340-2>
- Fourment, M., Tachini, R., Bonnardot, V., & Ferrer, M. (2020). Réponses phénologiques de la vigne á la variabilité climatique dans une region cotière de l'Uruguay. En *XXXIII Changement Climatique et Territoires* (pp. 319-324). <https://hal.science/hal-02936717>
- Fourment, M., Tachini, R., Ferrer, M., & Bonnardot, V. (2022). Mesoclimate impact on Albariño cv (Vitis vinifera L.) Berry composition in the emerging Atlantic winegrowing region of Uruguay in the context of climate change. En *XXXV colloque de l'Association Internationale the Climatologie*. <https://hal.science/hal-03757730/document>

- García, D. (2018). *Caracterización enológica de la variedad Albariño bajo diferentes sistemas de conducción* [Trabajo final de grado]. Universidad de la Rioja.
- 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* [Tesis doctoral]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- Google Earth (2022). [Ubicación del predio bajo estudio y los tratamientos. Mapa]. Recuperado el 11 de julio de 2022, de <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Hidalgo, L. (2002). *Tratado de viticultura general*. 3ª ed. Mundi-Prensa.
- Hidalgo Togores, J. (2006). *La calidad del vino desde el viñedo*. Mundi-Prensa. https://books.google.es/books?id=riGAG_IVyO4C&printsec=copyright&hl=es&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false
- Huglin, P. (1978). Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture*, 64, 1117-1126.
- Huglin, P., & Schneider, C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne*. Lavoisier.
- Hunter, J., Volschenka, R., & Zorerb, 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, 104-119.
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2022). *Estadística de viñedos: Datos nacionales 2022*. <https://www.inavi.com.uy/uploads/vinedo/e114169ff8dd5bd2a83547b5a8c60636eb4aebcc.pdf>
- 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(3), 249-261.
- 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 *International Meeting of Viticulture GiESCO* (pp. 433-436). [https://oa.upm.es/42011/1/INVE MEM 2015 224850.pdf](https://oa.upm.es/42011/1/INVE_MEM_2015_224850.pdf)

- Keller, M. (2007). *Grapevine Anatomy and physiology*. Washington State University.
- Lissarrague, J. R. (s.f.). *Biología de la Vid*. Universidad Politécnica de Madrid.
http://ocw.upm.es/pluginfile.php/1246/mod_label/intro/tema2biologia.pdf?time=1559660253283
- Martínez de Toda, F. (1991). *Biología de la vid: Fundamentos biológicos de la viticultura*. Mundi-Prensa.
- Martínez de Toda, F. (2011). *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.
- Martínez-Rodríguez, A. J., Boso, S., Santiago, J. L., Cebollero, E., Alonso-Villaverde, V., Juega, M., Gago, P., León, A., Zubiaurre, E., Núñez, P., González, I., Oliveira, A., Fonseca, J. M., Rodríguez, E., Carrascosa, A. V., & Martínez, M. C. (2009). Estudio para la mejora de la calidad del vino Albariño. *Revista Real Academia Galega de Ciencias*, 28, 119-214.
<http://hdl.handle.net/10261/35025>
- May, P. (2000). From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 82-98.
- Mirás Avalos, J. M., Trigo Córdoba, E., Bouzas Cid, Y., Rego Martínez, F., & Lozada Días, E. (2012). Efectos del riego sobre tres variedades blancas autóctonas gallegas (Treixadura, Godello y Albariño) en la D.O. Ribeiro: Primeros resultados. *Interempresas Industria Vitivinícola*, 12, 20-27.
[http://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/100471-Efectos-riego-tres-variedades-blancas-autoctonas-gallegas-\(Treixadura-Godello-Albarino\)-D.html](http://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/100471-Efectos-riego-tres-variedades-blancas-autoctonas-gallegas-(Treixadura-Godello-Albarino)-D.html)
- Mitić, M. N., Obradović, M. V., Grahovac, Z. B., & Pavlović, A. N. (2010). Antioxidant Capacities and Phenolic Levels of Different Varieties of Serbian White Wines. *Molecules*, 15(3), 2016-2027.
<https://doi.org/10.3390/molecules15032016>

- Mlikota Gabler, F., Smilanick, J. L., Mansour, M., Ramming, D. W., & Mackey, B. E. (2003). Correlations of morphological, anatomical, and chemical features of grape berries with resistance to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 93(10), 1263-1273.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.10.1263>
- Molitor, D., Rothmeir, M., Behr, M., Fischer, S., Hoffman, L., & Evers, D. (2011). Crop cultural and chemical methods to control grey mould on grapes. *Vitis*, 50(2), 81-87.
- Montaña, A. (2008). *Respuesta de la vid al régimen hídrico sobre el rendimiento, la expresión vegetativa y la composición de la uva en el cv Tannat* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Nadal, M., Sánchez Ortiz, A., Savé, A., & 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.
- Ojeda, H. (2007). *Riego cualitativo de precisión en vid*.
<https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto4415-01-1.pdf>
- Otero-Mazoy, I., Canosa, P., Rodríguez Vega, I., Oliveira, J. M., Masa, A., & Vilanova, M. (2010). La variedad Albariño en el Valle del Salnés (D.O. Rías Baixas). En *Seminario Sobre Biodiversidad Vegetal en el Sistema Agroforestal Atlántico* (pp. 99-100).
https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/36593/1/document_3227_1.pdf
- Pañitrur-De La Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Acevedo-Opazo, C., Verdugo-Vásquez, N., Araya-Alman, M., Lolas, M., Moreno, Y., & Fermaud, M. (2018). Classification of winegrape cultivars in Chile and France according to their susceptibility to *Botrytis cinerea* related to fruit maturity. *Australian journal of grape and wine research*, 24(2), 145-157.
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12315>
- 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. https://ephyslab.uvigo.es/wp-content/uploads/2019/04/6_ACT_Rosi_2012_OK.pdf

- Pineau, B., Trought, M., Stronge, K., Beresford, M., Wohlers, M., & Jaeger, S. (2011). Influence of fruit ripeness and juice chaptalisation on the sensory properties and degree of typically expressed by Sauvignon Blanc wines from Marlborough, New Zealand. *Australian journal of grape and wine research*, 17(3), 358-367. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00160.x>
- Price, S., Breen, P., Valladao, M., & Watson, T. (1995). Cluster Sun Exposure and Quercetin in Pinot noir Grapes and Wine. *American Society for Enology and Viticulture*, 46(2), 187-197.
- Quénol, H. (2011). *Observation et modélisation spatiale du climat aux échelles fines dans un contexte de changement climatique* [Tesis doctoral]. Université Rennes.
- Reglamento de la denominación de origen Rías Baixas y su consejo regulador. (2009, 29 de julio). *Diario oficial de Galicia*, (147), 12781-12794. <https://doriasbaixas.com/wp-content/uploads/2022/09/consejo-regulador-reglamento-do-rias-baixas-29-07-09castellano-1.pdf>
- Santibáñez, F., Díaz, F., Gaete, C., Daneri, S., & Daneri, D. (1989). Agroclimatología y zonificación de la región vitivinícola chilena: Bases para la denominación de origen de los vinos. *Boletín técnico Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*, (48), 1-25.
- 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.
- 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.
- Tonietto, J. (1999). *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimatsur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le Sud de la France: Méthodologie de caractérisation* [Tesis doctoral]. Ecole 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>
- Vivero, L. (2021). *Diseño y dimensionamiento de una bodega de vino tinto y vino blanco con las variedades Albariño, Mencía y Espadeiro para una producción de 219.000 kg bajo la Denominación de Origen Rías Baixas en el Término Municipal de Ribadumia (Pontevedra)* [Trabajo final de grado]. Universidad Politécnica de Madrid.
- Zamuz, S., Díaz, R., & Vilanova, M. (2006). Aromatic diversity of *Vitis vinífera* cv Albariño quantification of aromatic potencial. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 40(4), 197-202.
<https://doi.org/10.20870/oenone.2006.40.4.866>