

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA AGRONÓMICA Y
COMPOSICIÓN DE LA UVA DE LA VARIEDAD TANNAT EN DIFERENTES
SITUACIONES DE VIGOR

por

José Ignacio CULASSO ALONSO
Agustina María MARESCA STEWART

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2015

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Dra. Milka Sofía Ferrer Baccino

Ing. Agr. MSc. Gerardo Echeverría Grotiuz

Ing. Agr. PhD Gustavo González-Neves

Fecha: 23 de diciembre de 2015

Autores: -----

José Ignacio Culasso Alonso

Agustina María Maresca Stewart

AGRADECIMIENTOS

Para hacer posible la realización de este trabajo se le agradece a las siguientes instituciones y personas:

- Ing. Agr. Dra. Milka Ferrer por su orientación.
- Ing. Agr. MSc. Gerardo Echeverría por su colaboración.
- Viñedos Juanico y su personal.
- Grupo disciplinario de Poscosecha de frutas y hortalizas, Grupo disciplinario Enología y Grupo disciplinario Viticultura.
- Compañeros que colaboraron de una u otra manera en las diferentes tareas de la tesis.
- Familiares y amigos que nos apoyaron durante todo este trabajo

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. GENERALIDADES DE LA VID.....	2
2.1.1 <u>Características de la variedad Tannat</u>	2
2.2 VITICULTURA DE PRECISIÓN	2
2.2.1 <u>Situación a nivel mundial y nacional</u>	2
2.2.2 <u>Aplicaciones</u>	4
2.3 VIGOR.....	6
2.3.1 <u>Definición</u>	6
2.3.2 <u>Efectos del vigor sobre crecimiento vegetativo</u>	6
2.3.2.1 Producción de madera	6
2.3.2.2 Superficie foliar expuesta potencial.....	8
2.3.3 <u>Efectos del vigor sobre componentes del rendimiento</u>	9
2.3.3.1 Fertilidad de yema.....	9
2.3.3.2 Producción de uva.....	11
2.3.3.3 Sanidad o podredumbre de racimos y técnicas de cultivo	11
2.3.4 <u>Efectos del vigor sobre fenología y composición de la uva</u> .	12
2.3.4.1 Fenología	12
2.3.4.2 Sólidos solubles	13
2.3.4.3 Acidez titulable	15
2.3.4.4 Peso de la baya.....	16
2.3.4.5 pH.....	17
2.3.4.6 Polifenoles.....	18
2.3.4.7 Componentes de la baya	19
2.3.5 <u>Efectos del vigor sobre índices de respuesta</u>	19
2.3.5.1 Índice de Rávaz.....	19
2.3.5.2 Superficie foliar expuesta potencial/producción de uva.....	20
2.3.5.3 Capacidad de producir materia seca.....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN Y DEL AÑO DE ENSAYO.....	22
3.2 MATERIAL VEGETAL.....	22

3.3	DEFINICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	23
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	22
3.5	EVALUACIONES	23
3.5.1	<u>Crecimiento vegetativo</u>	24
3.5.1.1	Producción de madera del año (PMA)	24
3.5.1.2	Número de sarmientos (NS)	24
3.5.1.3	Superficie foliar expuesta potencial (SFEP)	24
3.5.2	<u>Componentes del rendimiento</u>	25
3.5.2.1	Fertilidad de yema (FY)	25
3.5.2.2	Número de racimos por planta (NR)	25
3.5.2.3	Producción de uva (REND)	25
3.5.2.4	Producción de uva con podredumbre (PPOD)	25
3.5.3	<u>Seguimiento de la evolución de la composición de la uva y en cosecha</u>	25
3.5.3.1	Polifenoles.....	26
3.5.3.2	Componentes de la baya (%PS - %PP - %PH)	26
3.5.4	<u>Respuesta de la planta</u>	27
3.5.4.1	Seguimiento fenología (FEN)	27
3.5.4.2	Número de días de los estados fenológicos (DD)	27
3.5.4.3	Índice de Raváz (IR)	27
3.5.4.4	Capacidad de producir materia seca (CPMS)	27
3.5.4.5	Relación superficie foliar expuesta potencial/Producción de uva (SFEP/REND)	27
3.5.4.6	Temperatura interna de la canopia (TEMP)	27
3.5.4.7	Datos climáticos de la zona	28
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
4.	<u>RESULTADOS</u>	29
4.1	RELACIÓN ENTRE VARIABLES	29
4.2	VARIABLES DEL VIÑEDO INDICATIVAS DEL VIGOR.....	32
4.2.1	<u>Variables vegetativas</u>	32
4.2.1.1	Producción de madera del año.....	32
4.2.1.2	Superficie foliar expuesta potencial.....	33
4.2.1.3	Número de sarmientos	33
4.3	INFLUENCIA DEL VIGOR SOBRE LAS VARIABLES	34
4.3.1	<u>Componentes del rendimiento</u>	34
4.3.1.1	Fertilidad de yema.....	34
4.3.1.2	Número de racimos por planta	34
4.3.1.3	Producción de uva.....	35
4.3.1.4	Producción de uva con podredumbre	35
4.3.1.5	Peso de baya	36
4.3.2	<u>Índices de Respuesta de la planta</u>	36
4.3.2.1	Duración de días de los estados fenológicos	36
4.3.2.2	Índice de Raváz	37

4.3.2.3 Relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva	38
4.3.2.4 Capacidad de producir materia seca	38
4.3.2.5 Composición de la uva	39
4.3.2.6 Componentes de la baya	45
4.3.2.7 Temperatura media interna de la canopia	46
4.3.3 <u>Caracterización climática de las condiciones del año</u>	47
5. <u>DISCUSIÓN</u>	49
5.1 PRODUCCIÓN DE MADERA DEL AÑO	50
5.2 SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA POTENCIAL.....	50
5.3 FERTILIDAD DE YEMA	50
5.4 NÚMERO DE RACIMOS POR PLANTA Y PRODUCCIÓN DE UVA	50
5.5 SANIDAD O PODREDUMBRE DE RACIMOS	51
5.6 PESO DE LA BAYA Y SU EVOLUCIÓN	51
5.7 DURACIÓN DE DÍAS DE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS.....	52
5.8 EQUILIBRIO FISIOLÓGICO DE LA PLANTA	53
5.9 COMPOSICIÓN DE LA UVA	53
5.9.1 <u>Azúcares y su evolución</u>	53
5.9.2 <u>pH y su evolución</u>	54
5.9.3 <u>Acidez titulable y su evolución</u>	54
5.9.4 <u>Ratio y su evolución</u>	54
5.9.5 <u>Polifenoles ApH1 y ApH3.2 en cosecha</u>	55
5.10 COMPONENTES DE LA BAYA	55
5.11 TEMPERATURA MEDIA INTERNA DE LA CANOPIA	55
6. <u>CONCLUSIONES</u>	56
7. <u>RESUMEN</u>	57
8. <u>SUMMARY</u>	58
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	59

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Zonas según rendimiento promedio (ton/Ha) y vigor (PCD)	11
2. Composición del racimo en cosecha	14
3. Acidez titulable en el racimo en cosecha	16
4. Peso de 100 bayas en cosecha	17
5. pH en el racimo en cosecha.....	17
6. Autovectores	31
7. Análisis de la varianza de la fertilidad de yema según rango	34
 Figura No.	
1. Mapa de rendimiento	4
2. Mapa de conductividad eléctrica del suelo	5
3. Índice de vegetación	5
4. Croquis de la vegetación en sección vertical y los angulos de vista	8
5. Cálculo de la SFEP/m ²	9
6. Ciclo vegetativo de la vid	10
7. Evolución de la concentración de °Brix de las bayas desde enero a cosecha..	14
8 Evolución de los contenidos de azúcares y acidez total durante la maduración.....	15
9. Correlación entre peso de pulpa y peso de baya	16
10. Análisis de componentes principales	30
11. Análisis de clúster (distancia euclídea)	32
12. Producción de madera del año	32
13. Superficie foliar expuesta potencial	33
14. Número de sarmientos.....	33
15. Número de racimos por planta.....	34
16. Producción de uva	35
17. Producción de uva con podredumbre	35
18. Peso de baya	36
19. Fenología.....	36
20. Índice de Raváz	37
21. Relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva	38
22. Capacidad de producir materia seca	38
23. Evolución peso de baya.....	39
24. Evolución azúcares.....	40
25. Evolución acidez titulable	41
26. Evolución pH.....	42

27. Evolución ratio	43
28. Polifenoles ApH1	44
29. Polifenoles ApH3.2	44
30. Porcentaje peso de hollejo.....	45
31. Porcentaje peso de pulpa	45
32. Porcentaje peso de semilla	46
33. Temperatura interna de la canopia	46
34. Climograma año 2013/2014.....	47
35. Climograma histórico	48

1. INTRODUCCIÓN

La vitivinicultura es un rubro relevante de la actividad agroindustrial de Uruguay, que necesita mejorar su competitividad para mantener su prevalencia en el mercado nacional y aumentar su permanencia en mercados extranjeros.

El número de viñedos registrados por el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI) en 2014 es de 1751 y ocupan 7626 ha (0.046% del total agrícola nacional). El 65 % se encuentran en el departamento de Canelones. El 76.4% tienen menos de 5 ha que ocupan el 34% del área total. En la cosecha 2014 se produjeron 95 millones de kg de uva destinada a la vinificación y 3 millones de kg para consumo en fresco. El 80% de las plantas tienen menos de 20 años y el 93% menos de 30 años, como consecuencia del programa de reconversión vitícola promovido por INAVI y el Programa de Reconversión y Desarrollo de la Granja (PREDEG) en la década de 1990. El Programa impulsó el cambio varietal y propuso a la variedad Tannat como eje de dicha reconversión, tomando la idea lanzada por la Cátedra de Viticultura de Facultad de Agronomía. Esta variedad es la que abarca mayor superficie cultivada con el 23.8%.

El sistema de conducción más utilizado es la Espaldera alta (50%), seguido por la Lira (27%), siendo los portainjertos más utilizados SO4 (61%), seguido por 3309 C (12%). La mayoría del material vegetal está certificado para las principales virosis.

Sobre este viñedo es necesario generar estrategias innovadoras que posibiliten aumentar la rentabilidad. En este trabajo se propone investigar sobre la heterogeneidad intra-parcelaria del vigor, y ofrecer información técnica que permita hacer un uso más eficiente de los factores productivos, reducir el impacto ambiental, favorecer la logística de la bodega y mejorar la calidad del vino.

1.1 OBJETIVO

El objetivo de la tesis es analizar la respuesta agronómica y la composición de la uva de la variedad Tannat en diferentes situaciones de vigor en el sur del país.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. GENERALIDADES DE LA VID

2.1.1 Características de la variedad Tannat

Cepa originaria de los Pirineos Atlánticos - Francia (Institut National de la Recherche Agronomique - INRA – Montpellier - Francia), fue introducida al Uruguay por Don Pascual Harriague en el siglo XIX, y hasta la década de los 80' fue conocida con el nombre de Harriague (Ferraro, 1998).

Según el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI) el destino principal es la elaboración de vino. En Uruguay esta variedad ocupa el 31% de la superficie vitícola de uvas tintas destinadas a la elaboración de vino y el 23.8% de la superficie total (INAVI, 2015).

En la descripción ampelográfica de la variedad se destaca, la extremidad de las ramas y hojas jóvenes presentan una alta densidad de pelos inclinados, una coloración rojiza y una cobertura bronceada. Los pámpanos jóvenes son vigorosos, la forma de crecimiento es abierto con porte semierguido a erguido. La distribución de los zarcillos es discontinua y de corto tamaño. Las hojas adultas son de color verde oscuro, de tamaño grande, pentagonales, de tres a cinco lóbulos con uno central alargado, un seno peciolar abierto o cerrado, margen dentado de corto tamaño, las nervaduras son de color rojo, limbo irregular con abultamiento y a veces ondulado entre las nervaduras principales, en la parte inferior contiene una densidad media de pelos inclinados. La inflorescencia es hermafrodita con una o menos por pámpano. El racimo es de tamaño mediano a grande de forma compacta. Las bayas son redondeadas presentan un tamaño mediano y de fisionomía uniforme (OIV, 2009)

A partir de Tannat se obtienen vinos de color, tánico y muy nervioso. Esta variedad permite la elaboración de vinos tintos de calidad, potentes, estructurados y adecuados para el envejecimiento (INRA, 2015).

La variedad Tannat es vigorosa y se realiza poda Guyot, tiene alta sensibilidad a podredumbre gris (Ferrer et al. 2011a, INRA 2015).

2.2 VITICULTURA DE PRECISIÓN

2.2.1 Situación a nivel mundial y nacional

La viticultura de precisión (VP) es la técnica de manejo del cultivo de la vid que utiliza todos los elementos del conocimiento actual acerca del

comportamiento de esta especie para la optimización de la producción de uvas de calidad superior. Las técnicas a utilizar serán más efectivas en la medida que se puedan utilizar manejos que modifiquen radicalmente el comportamiento de la especie en las condiciones de clima en que está plantada e incluye, principalmente, el uso de técnicas de manejo diferencial para controlar el desarrollo vegetativo de la planta y hacer uso racional de los recursos (Marchevsky, 2005).

La Viticultura de Precisión está empezando a tener un impacto en el sector vitivinícola de varios países productores como Argentina, Chile, Sudáfrica, España, Francia y Portugal. El objetivo que se plantea es de gestionar adecuadamente la variabilidad intra parcelaria del cultivo y así obtener un incremento en los beneficios económicos y una reducción en el impacto ambiental. Una gran parte de la investigación en VP se realiza en los países de Australia, Chile y Sudáfrica (Arnó Satorra et al., 2009).

Uno de los elementos fundamentales de la VP es estimar el desarrollo de la vegetación del cultivo, para lo cual se utilizan diferentes índices. Los más utilizados son el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), el PCD (Plant Cell Density) y el PVR (Photosynthetic Vigour Ratio). El NDVI se calcula mediante la combinación del infrarrojo cercano y rojo $(NIR-R)/(NIR+R)$, el PCD como la relación de la reflectancia entre el infrarrojo cercano y rojo (NIR/R) y el PVR como la proporción de verde a rojo de reflectancia (V/R) (Martínez-Casanova y Arnó, 2014a).

A partir del desarrollo de sensores y monitores de rendimiento, así como la disponibilidad de imágenes de satélite de alta resolución espacial (entre 1.85-3.2 m/píxel) y/o de imágenes adquiridas desde avionetas con cámaras multispectrales (0.2-0.5 m/píxel) se ha puesto de manifiesto la gran variabilidad intraparcilaria tanto en el crecimiento como en el rendimiento de las vides (Martínez-Casanova y Arnó, 2014b).

La identificación y caracterización espacial de dicha variabilidad, la interpretación de su significado enológico, así como la posibilidad del manejo diferencial de dicha variabilidad, constituyen los principales objetivos de la viticultura de precisión (Urretavizcaya et al., 2014). Si bien la zonificación basada en estos índices se corresponden con las de mayor o menor crecimiento vegetativo del cultivo, e incluso con su rendimiento, la correspondencia entre la calidad de la uva y las diferentes zonas de vigor no es concluyente (Martínez-Casanova y Arnó, 2014b).

La investigación actual y futura en la viticultura de precisión tienen diferentes prioridades economía ambiental, evaluación de calidad de la

producción y nuevas tecnologías para el monitoreo de cultivos (Arnó Satorra et al., 2008).

EN Uruguay, entre 2006 y 2011 el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) ha desarrollado proyectos de investigación en agricultura de precisión en cultivos extensivos, que tuvieron como objetivos la descripción de la variabilidad y relación con el rendimiento, herramientas para la delimitación de zonas de manejo (sitio específico), establecer interacción entre zonas y prácticas de manejo. Las prácticas de manejo ensayadas tuvieron por objetivo desarrollar y adaptar tecnologías para fertilización variable, P-K en maíz y trigo, según la zona (Otaño Luna, 2014).

En viticultura se está desarrollando un proyecto de investigación en viticultura de precisión (no publicado), las instituciones involucradas son UdelaR. Facultad de Agronomía, 2000 Aviation, FUCREA (Grupo CREA Viticultores Julio O. Borsani) y Tru Tech. El proyecto tiene como objetivos incorporar la tecnología de viticultura de precisión a la producción nacional y optimizar los aspectos metodológicos y reconocer los principales factores que influyen en la heterogeneidad de las plantas a la interna de la parcela. Esta variabilidad, provoca la variación en la composición y rendimiento de la uva y en el producto a elaborar (Ferrer y Echeverría, 2014).

2.2.2 Aplicaciones

A partir de la utilización de las imágenes, obtenidas por diferentes métodos se pueden realizar diferentes tipos de mapas, de rendimiento (figura no. 1), índice de vegetación (figura no. 2) y de conductividad eléctrica del suelo (figura no. 3) entre otros que ayudan a la toma de decisiones en cada situación particular, pudiendo establecerse “manejo – sitio específico”.

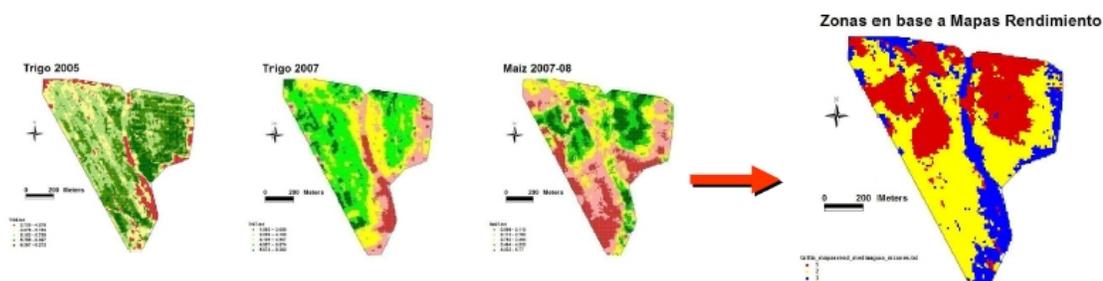


Figura No. 1. Mapa de rendimiento

Fuente: Otaño Luna (2014).

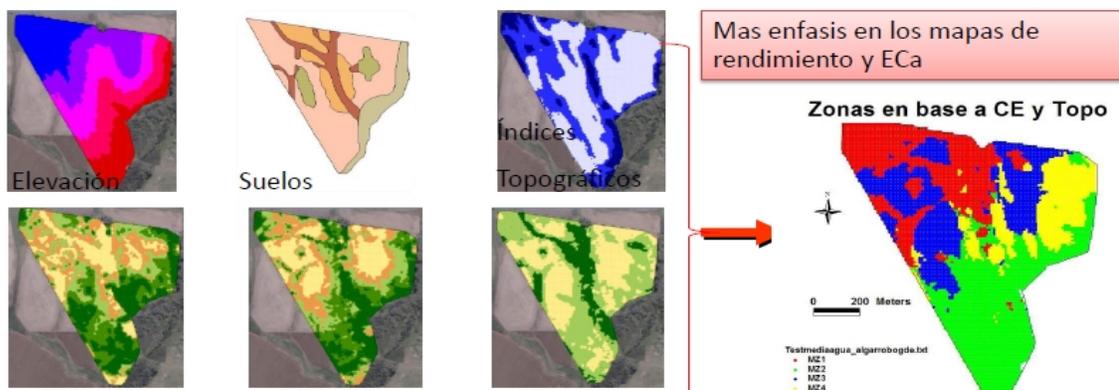


Figura No. 2. Mapa de conductividad eléctrica del suelo

Fuente: Otaño Luna (2014).

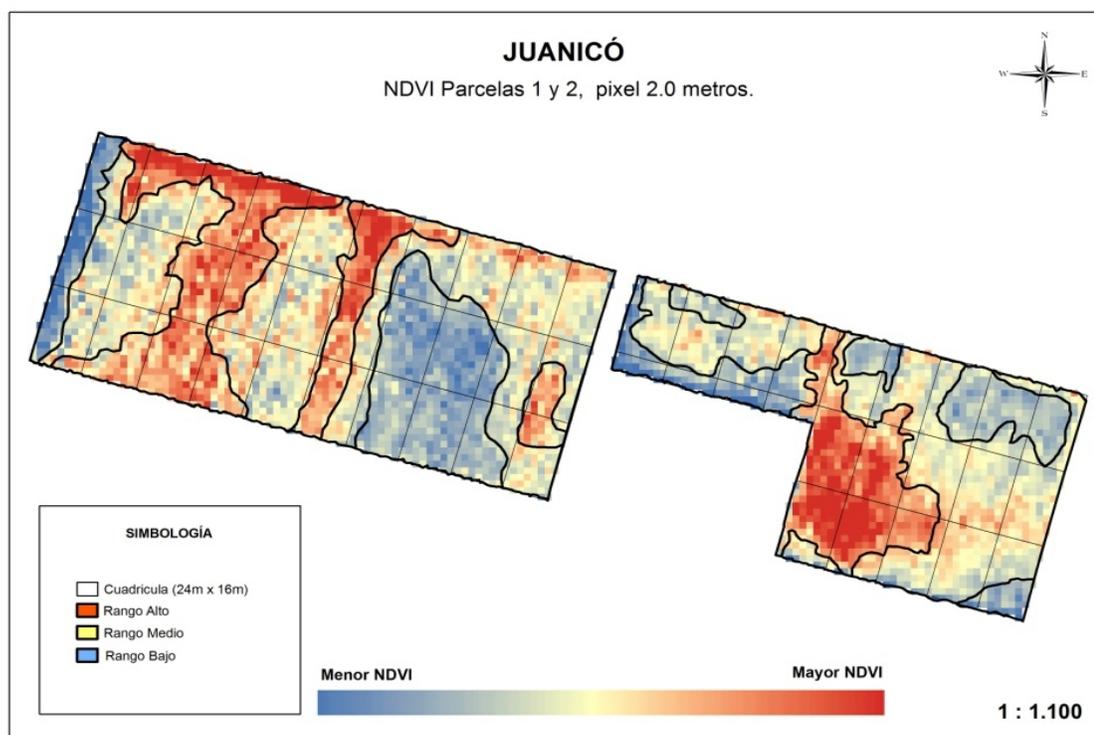


Figura No. 3. Índice de vegetación

Fuente: Ferrer y Echeverría (2014).

2.3 VIGOR

2.3.1 Definición

El crecimiento es definido como un incremento irreversible en tamaño de la planta, a través del aumento en el número y tamaño de las células, el cual puede ser apreciado mediante mediciones de masa, longitud, altura, área superficial o volumen. En el caso de la vid, el crecimiento puede ser expresado en longitud, número de entrenudos y de hojas, peso de la madera de poda, área foliar, etc. El crecimiento de un pámpano individual se puede representar bajo la modalidad de una curva sigmoideal, en concordancia con la observada en la mayoría de los vegetales, y este tipo de curva se mantiene aun cuando se apliquen tratamientos de deshoje y/o despunte (Piña y Bautista, 2006).

Según Bramley et al. (2004), todos los años existe una variabilidad en el cultivo y los patrones de esta se mantienen estables durante los años. Así se garantiza la implementación de estrategias de manejo zonal en el viñedo y por lo tanto el manejo uniforme de un cuadro no es una buena estrategia para el cultivo, este provoca que no se explote el beneficio que generan los distintos vigores en términos de calidad enológica.

Según Ferrer et al. (2011a), las diferencias en términos de vigor tienen influencia sobre el contenido y acumulación diaria de azúcares. En general a mayor vigor la acumulación de azúcares en el grano disminuye, debido a la competencia con el crecimiento vegetativo.

Como ejemplos de manejo diferencial del cultivo, se cita la poda, dejando diferente número de yemas, una fertilización diferencial, una cosecha selectiva, etc., que han demostrado los beneficios económicos potenciales que radican en esta estrategia (Bramley et al., 2003).

2.3.2 Efectos del vigor sobre crecimiento vegetativo

2.3.2.1 Producción de madera

Según Kliewer y Dokoozlian (2001), Aliquó et al. (2010), en plantas conducidas en espaldera, el rango óptimo del peso de la madera de poda es de 0,3 - 0,6 Kg de canopia, mientras que Smart y Robinson (1991) expresan que si se conducen las plantas sobre lira el rango óptimo se sitúa entre 0.4 a 0.8 Kg.

El peso del sarmiento es un buen indicador del vigor. Un vigor excesivo está caracterizado por sarmientos largos y gruesos, generalmente elípticos más que redondeados y normalmente con excesivo crecimiento de feminelas.

Además sus yemas generalmente son más pequeñas y menos desarrolladas, presentando una forma más bien cónica en vez de globosa. Un sarmiento de grosor medio debería pesar de 20 a 40 gramos como valor óptimo (Aliquó et al., 2010). Smart y Robinson (1991), afirman que el peso promedio de los sarmientos varía entre 25 y 45 gramos. Este peso no puede ser definido en forma universal, ya que depende de la relación área foliar/peso del sarmiento, relación peso de poda/longitud del sarmiento, productividad (fertilidad de yemas y peso medio de los racimos), propensión a la producción de feminelas, etc. (Coniberti et al., 2014).

El estado natural de la cepa es la no-poda, existiendo un equilibrio interno de la planta entre el crecimiento vegetativo y la fructificación. Sin embargo, en la viticultura comercial la poda ocasiona una disminución del número total de yemas, por lo que si se aumentan las yemas dejadas en carga los rendimientos también aumentan hasta un límite en el que ya no existe incremento debido a efectos de compensación. Dejar un bajo número de yemas implica una pérdida, puesto que los pámpanos serían vigorosos aumentando el riesgo de corrimiento de la flor y se desarrollarían chupones poco fértiles e inflorescencias poco desarrolladas. Por el contrario, una carga demasiado alta origina muchos racimos por lo que la capacidad de producción de la planta puede no ser suficiente. Esto resulta en una mala maduración, un agostamiento insuficiente y un debilitamiento de la planta. La poda al ser una operación drástica elimina gran cantidad de madera, con el consiguiente debilitamiento de la planta. Es aquí donde debemos recordar y aplicar los conceptos de “poda balanceada” y “capacidad de la planta” anteriormente desarrollados, para que de ésta manera seamos capaces de realizar una poda adecuada y con criterio (Aliquó et al., 2010).

Una alimentación hídrica no limitante a lo largo de la estación de crecimiento induce a un exceso de vigor, lo que causa aumento de rendimiento, competencia por la repartición de los azúcares entre los órganos vegetativos y reproductivos, alteración del microclima de la zona de los racimos, y desarrollo de parásitos (Champagnol, 1984).

Según Bramley et al. (2011), la zona de alto vigor y rendimiento tiene una mayor producción de madera de poda en comparación con la de bajo vigor y rendimiento.

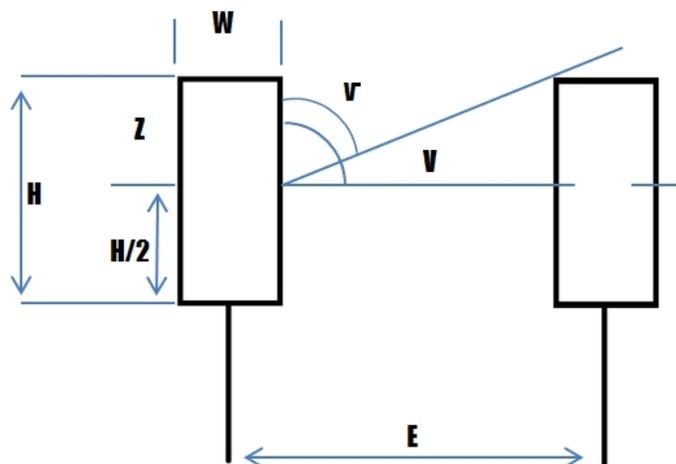
2.3.2.2 Superficie foliar expuesta potencial

La superficie foliar expuesta para vides desarrolladas varía entre el 30% a 85% dependiendo del sistema de conducción. Plantas con una pequeña proporción de área expuesta tienen muchas hojas interiores que están sombreadas por lo que producen muy pocos fotoasimilados para ser exportados y utilizados en la maduración de las bayas, crecimiento de las raíces, absorción de nutrientes y reposición de reservas para la resistencia al frío y el crecimiento de primavera (Keller, 2007).

Microclimas sombreados producen mostos con menos pH, azúcares y mayor acidez, esto reduce el color del vino, el contenido de polifenoles totales y antocianos, aumenta el pH y el contenido de K (González-Neves et al., 2003)

Cuando la vegetación está bien expuesta, se mejora la síntesis de azúcares, polifenoles, y disminuye el pH, lo contrario sucede si no se logra una buena exposición de la misma (Smart y Robinson 1991, Carbonneau 1996, Spayd et al. 2002).

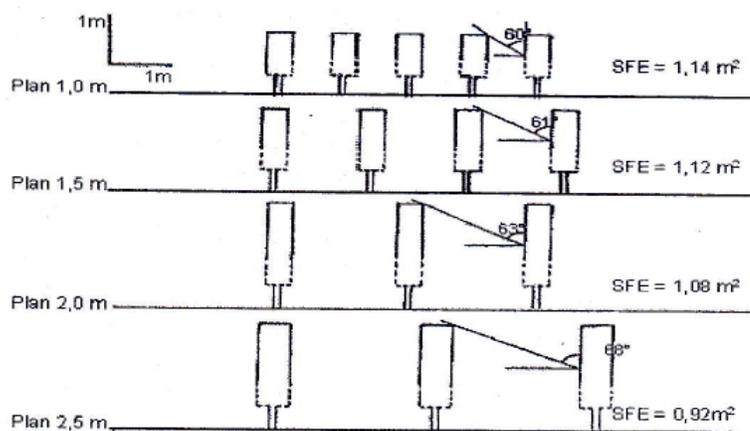
Carbonneau (1995), propone medir la superficie foliar según la forma de la vegetación de sus dimensiones. Para su cálculo al perímetro externo se le restan los espacios sin hojas o con superposición, teniendo en cuenta la inclinación de los rayos solares (figura no. 4). La SFEP óptima se encuentra en el rango de 4000 a 5000 m²/Ha. Se puede expresar en metros cuadrados por hectárea (m²/ha) o por planta (m²/planta).



Fuente: Carbonneau (1995).

Figura No. 4. Croquis de la vegetación en sección vertical y los ángulos

Frente a una igual altura de la canopia, cuanto mayor sea la distancia entre las filas menor va a ser la SFEP, debido a que el ángulo “v” tiende a ser más abierto (figura no. 5). A su vez a mayor altura (vigor) mayor va a ser la SFEP (Carbonneau et al., 2007). Según Smart y Robinson (1991), el 70% de la fotosíntesis proviene de las hojas expuestas.



Fuente: Carbonneau et al. (2007).

Figura No. 5. Cálculo de la SFEP/m²

Si se parte del supuesto que las plantas de la figura no. 5 no tienen espesor excesivo, sin poros grandes, y con la microporosidad ideal, el valor de H y E son los óptimos (la relación óptima entre H/E = 0.8 - 0.6) (Carbonneau et al., 2007).

2.3.3 Efectos del vigor sobre componentes del rendimiento

2.3.3.1 Fertilidad de yema

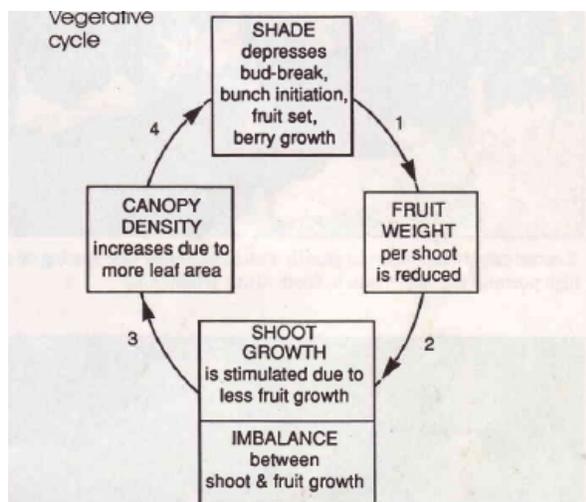
Según Huglin (1986), el vigor de una vid se manifiesta en la cantidad total de madera de poda, y hay una relación positiva entre el peso de la poda y la fertilidad. Por su parte Lissarrague (2011), afirma que el exceso de vigor se relaciona con baja fertilidad, y en algunas variedades se manifiesta una reducción de la fertilidad cuando los sarmientos tienen diámetros inferiores a 10 mm.

La relación entre citoquininas y gibrelinas es el primer obstáculo que atraviesan las yemas en el período inductivo, mientras que las citoquininas promueven la inducción floral, las gibrelinas la inhiben, a su vez el clima cálido favorece la diferenciación floral dando como resultado una mayor cantidad de

racimos por brote. Las prácticas culturales que promuevan la penetración de luz favorecen la diferenciación floral, y viceversa (Vasconcelos et al., 2009).

Según Hidalgo (2003), toda circunstancia que altere el ciclo normal del desarrollo estacional de la vid, tales como un crecimiento rápido y continuado, un crecimiento débil, un exceso de cosecha y otros similares, retrasan la iniciación de la formación de las yemas fructíferas, reduciéndose también el número de racimos producidos, su tamaño y forma. Los pámpanos excesivamente vigorosos en vides de gran desarrollo, no solamente son menos fructíferos, sino también las yemas fértiles que se forman quedan más alejadas.

Los viñedos de alto vigor pueden entrar muy rápidamente en un ciclo donde se favorece el crecimiento vegetativo en desmedro del productivo. El exceso de sombra afecta los procesos de inducción por lo que la producción disminuye. Debido a los bajos rendimientos, se ve favorecido el crecimiento vegetativo y así se agravan los problemas de sombreado entrando en un círculo vicioso (figura no. 6). En el primer año de producción se pueden obtener buenos rendimientos pero ese disminuye a medida que el sombreado aumenta, y no solo se pierde producción sino que también se afecta la calidad del producto (Smart y Robinson, 1991).



Fuente: Smart y Robinson (1991).

Figura No. 6. Ciclo vegetativo de la vid

El tipo de poda marca una fuerte influencia sobre el rendimiento. Tannat muestra mayores rendimientos cuando se realiza poda larga; esto se explica por el principio de la fertilidad de la yema. La fertilidad de la yema basal es baja y aumenta a partir de la tercer yema (Ferrer et al., 2004).

2.3.3.2 Producción de uva

El rendimiento de un viñedo, expresado a la hectárea, se compone de la producción de cada planta individual multiplicado por el total de plantas. El componente que determina el rendimiento es el número de racimos. El peso de cada racimo depende del número de bayas y de su peso y el número de bayas está determinado por el número de flores de cada inflorescencia (McArtney y Ferree, 1999).

Según Bramley et al. (2011), existe una relación entre el vigor y el rendimiento; el vigor alto se asocia con el alto rendimiento y viceversa. El cuadro no. 1 muestra la relación entre el vigor y el rendimiento para cuatro años de evaluación.

Cuadro No. 1. Zonas según rendimiento promedio (ton/Ha) y vigor (PCD – NIR/R)

Year	2004		2005		2006		2007	
	PCD	Yield	PCD	Yield	PCD	Yield	PCD	Yield
High	156	22.2a	127	18.9a	151	24.6a	2215	19.2a
Low	109	17.4b	88	15.5b	107	20.8b	1537	14.9b

Fuente: Bramley et al. (2011).

2.3.3.3 Sanidad o podredumbre de racimos y técnicas de cultivo

El estado sanitario de la uva es un parámetro esencial de la calidad de la misma. En los casos donde exista una elevada cantidad de hojas, la transpiración de estas puede conducir al aumento de humedad alrededor de hojas y racimos. La evaporación del rocío y/o de la lluvia y lo mencionado anteriormente depende de si la canopia es abierta y/o porosa así se favorece la ventilación, reduciéndose la diferencia de humedad entre el exterior e interior de la masa foliar disminuyendo el desarrollo de infecciones fúngicas como la *Botrytis* entre otras (Smart y Robinson, 1991).

Por su parte Diago (2010), afirma que el deshojado ayuda a incrementar el contenido de azúcares en la baya ya que se estaría favoreciendo la tasa de translocación de los fotoasimilados al racimo.

Las precipitaciones ocurridas previo o durante la vendimia favorecen el desarrollo de podredumbre gris, que en la mayoría de los casos se debe a *Botrytis cinérea*. Las fuertes actividades oxidadas y estreásicas que tiene éste hongo son las responsables por el deterioro de los compuestos fenólicos, a su

vez generan defectos organolépticos en las bayas y los vinos (Barata et al., 2012).

La podredumbre de racimo reduce el rendimiento y la calidad afectando los resultados económicos de la viña. Esta merma en la producción es causada por los descartes generados, pérdida de jugo y la deshidratación de las bayas, además los microorganismos modifican la composición química de las bayas y el vino. Los daños producidos por esos patógenos están determinados por la interacción con las condiciones climáticas, la susceptibilidad varietal y el manejo del cultivo (Ferrer et al., 2011a).

En general la poda Royat o el raleo temprano de racimos provoca mayor compacidad del racimo, lo que genera que haya mayor superficie de contacto entre las bayas, en esos lugares se produce una menor cutícula y menor deposición de cera y así se incrementa la sensibilidad al ataque de hongos (Vaild y Marois, 1991).

2.3.4 Efectos del vigor sobre fenología y composición de la uva

2.3.4.1 Fenología

El objetivo de la fenología es describir el crecimiento y desarrollo de las yemas de un viñedo, las causas de la evolución en el tiempo son el resultado de la respuesta de la planta fundamentalmente a las condiciones del clima (Keller, 2007).

Según Almanza y Balaguera (2009), la temperatura es el factor climático más importante para definir la época y el dinamismo de las distintas fases fenológicas de la vid, dado que cada variedad tiene su propia temperatura fisiológica base o cero de vegetación, la cual sirve para establecer la acumulación de grados día de crecimiento (GDC) o calor acumulado por día y que se relaciona con la temperatura media diaria por encima de la cual se produce crecimiento y desarrollo. Por convención en la vid se utiliza como cero fisiológico la temperatura de 10°C (Huglin, 1986)

En la primavera el ciclo comienza con la brotación, esto ocurre en general cuando las temperaturas medias diarias superan los 10°C. El crecimiento de los pámpanos es del tipo doble sigmoide y responde al aumento de la temperatura ambiente. La primera parte del crecimiento es lenta, pero a medida que aumentan las temperaturas la cinética de crecimiento se acelera este período se denomina de crecimiento rápido. La brotación depende únicamente de las reservas que almacenó la planta en la temporada anterior. Con el alargamiento de los brotes y la maduración de las hojas, estas

comienzan a ser fotosintéticamente productivas y así aportar al crecimiento de los brotes y posteriormente al de las bayas. Luego de 30 a 80 días de la brotación (dependiendo de la variedad y ubicación) se produce la floración cuando la temperatura media alcanza los 15 a 20°C. El desarrollo de las bayas comienza con unas pocas de ellas y culmina con la cosecha, este período tiene una duración de 70 a 140 días (dependiendo de la variedad y ubicación). El envero ocurre a mitad de camino entre el comienzo del desarrollo de las bayas y los cambios de color de las mismas (amarillo, rosa, rojo o negro). En climas cálidos la duración total del ciclo (desde brotación hasta maduración) es corto (110 -140 días), pero en climas más fríos el periodo se alarga (190-220 días) (Smart y Robinson, 1991).

Van Leeuwen et al. (2008), caracterizaron a distintas variedades entre ellas, Tannat, en función a la necesidad térmica, expresada en grados día base 10 (GD10), para completar cada fase del ciclo anual (desborre, floración, envero y maduración). Este indica que dicha variedad necesita 60 GD para el desborre, 401 GD para floración, 1153 GD para envero y 1501 GD para la madurez, esta suma se calcula a partir del 1ro de enero (HN) y hasta que se alcance 200g-L de azúcar. La brotación depende también de la fecha de poda, sin embargo este modelo no es muy exacto debido a la gran variabilidad de las zonas estudiadas.

En Uruguay Tannat presenta diferencias significativas en la duración del ciclo según la zona en la cual se encuentre, Ferrer et al. (2011b), afirman que viñedos de Tannat cultivados en la zona norte alcanzan antes la maduración tecnológica que los ubicados en el sur-oeste y por último los del sur del país. La acumulación térmica diaria (GD10/día) puede explicar la diferencia significativa en el número de días de envero a cosecha para cada zona.

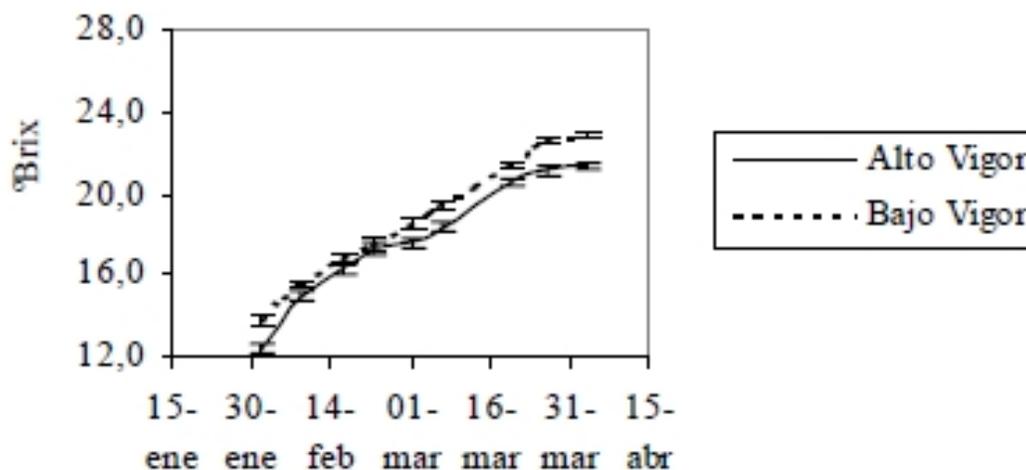
2.3.4.2 Sólidos solubles

Los azúcares constituyen más del 90% de los sólidos solubles que hay en la baya, estos están compuestos en más del 98% por hexosas (glucosa y fructosa) y el resto son predominantemente compuestos de glucosa (Keller, 2007).

El exceso de vigor provoca una disminución de la exposición de los racimos, esto tiene como efecto una menor acumulación de sólidos solubles en los racimos (Kliwer y Dokoozlian 2001, Keller 2007).

Santibáñez (2004), observó una estabilización en la curva de maduración de las bayas a fines de febrero – marzo (HS) existiendo diferencias significativas entre el vigor bajo y alto. Desde el inicio del seguimiento la

acumulación de sólidos solubles fue mayor en el vigor bajo con respecto al alto (figura no. 7), mientras que el cuadro no. 2 muestra los valores en cosecha.



Fuente: Santibáñez (2004).

Figura No. 7. Evolución de la concentración de °Brix de las bayas desde enero a cosecha.

Cuadro No. 2. Composición del racimo en cosecha

Sector	Sólidos solubles (°brix)
Alto vigor	21.8 ± 0.4
Bajo vigor	22.6 ± 0.6

Fuente: Santibáñez (2004).

Cortell (2006), encontró que en plantas de alto vigor la acumulación de sólidos solubles siempre fue menor que en el vigor medio y bajo. Mientras que ente los vigores bajo y medio, las diferencias fueron menos marcadas entre sí.

Según Bramley et al. (2011), la zona de vigor y rendimiento bajo tuvo una mayor concentración de sólidos solubles (°brix) que la del vigor y rendimiento alto.

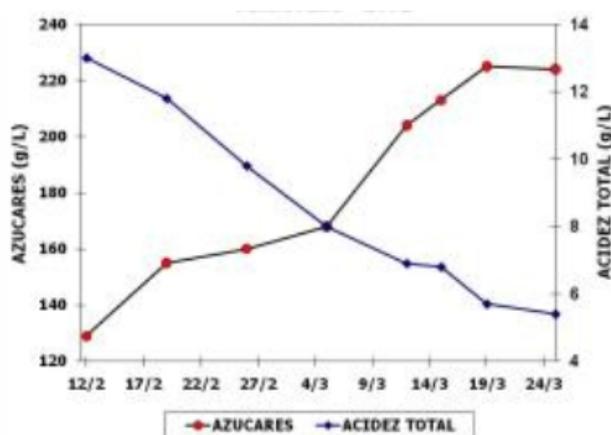
2.3.4.3 Acidez titulable

Los ácidos tartárico y málico son los principales compuestos orgánicos que se acumulan en la baya preenero, y juntos constituyen entre el 70-90% de

los ácidos totales. Otros ácidos presentes en la baya son el citrato, oxálico y succínico. El citrato es un precursor importante del aroma en las bayas, el málico por el contrario puede ser degradado por bacterias en la fermentación maloláctica mientras que el tartárico es muy estable microbiológicamente y es el que se usa comúnmente para ajustar el pH en el vino. En la figura no. 8 se muestra la evolución de la acidez y los °Brix (Keller, 2007).

La concentración de malato disminuye luego del envero debido a que ya no se sintetiza y se utiliza como sustrato de la respiración y con el aumento de la temperatura (mayor a 30°C) la tasa respiratoria aumenta y con ella también la degradación del ácido málico. Un mayor vigor provoca mayor producción de ácidos y estos no se degradan con la misma cinética que vides de bajo vigor (Orriols, 2006).

En general la acidez titulable esta inversamente relacionada con la temperatura, a medida que aumenta la temperatura la acidez disminuye (Spayd et al., 2002).



Fuente: González-Neves (2005).

Figura No. 8 Evolución de los contenidos de azúcares y acidez total durante la maduración

Santibáñez (2004), comunica que la acidez total fue mayor en el mosto de vides de alto vigor cuando lo comparó con el de vigor bajo (cuadro no. 3).

Cuadro No. 3. Acidez titulable en el racimo en cosecha

Sector	Acidez titulable (g H ₂ SO ₄ .L ⁻¹)
Alto vigor	3.22 ± 0.07
Bajo vigor	2.7 ± 0.6

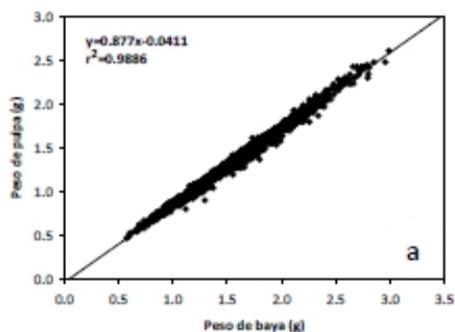
Fuente: Santibáñez (2004).

Según Cortell (2006), Bramley et al. (2011), las plantas de la zona de vigor y rendimiento alto, la acidez, siempre fue significativamente superior que en las de medio y bajo vigor.

2.3.4.4 Peso de la baya

El peso de la baya depende de la variedad y de las proporciones de sus componentes (hollejo, pulpa y semillas). Este está influenciado directamente por el estado hídrico de la planta, un déficit hídrico en etapas tempranas de desarrollo provoca un aumento del ácido abscísico (ABA) y este limita la división y expansión celular. La pulpa es la que más responde al estrés hídrico ya que reduce su tamaño en mayor proporción al resto de los componentes. El peso de la pulpa y hollejo, son los que influyen más en el peso total de la baya (Ferrer et al., 2008).

En la variedad Tempranillo, Diago (2010), afirma que solo existe correlación positiva entre el peso de la pulpa y el peso de la baya (figura no. 9).



Fuente: Diago (2010).

Figura No. 9. Correlación entre peso de pulpa y peso de baya

Cortell (2006), asegura que bayas provenientes de vides de alto vigor presentan mayor peso que las provenientes de plantas de bajo vigor, coincidiendo con este autor, Santibáñez (2004), plantea una salvedad, de que

esto ocurre debido al menor número de bayas en el vigor alto y el efecto compensatorio de la planta (cuadro no. 4).

Cuadro No. 4. Peso de 100 bayas en cosecha

Sector	Peso de 100 bayas (g)
Alto vigor	130 ± 1.94
Bajo vigor	105.5 ± 2.21

Fuente: Santibáñez (2004).

2.3.4.5 pH

Los ácidos orgánicos influyen en la calidad final de la uva, los ácidos tartárico y málico componen más del 90% del total de los ácidos orgánicos presentes en el mosto (Keller, 2007).

Una canopia más densa produce mayor sombreado interno. Esto hace que aumente el contenido de K (asociado al crecimiento de pámpanos y feminelas) y el pH en el mosto, reduciendo el color del vino y el contenido de compuestos fenólicos. El exceso de contenido de K y el alto nivel de pH reducen la estabilidad del color del vino y genera mal sabor (Kodur, 2011)

La ruptura de las membranas celulares por acción de insectos o microorganismos genera que se aumente el pH de la baya ya que se liberan los ácidos orgánicos intracelulares (Keller, 2007).

Distintos autores refieren diferentes resultados cuando relacionan el vigor con el pH. Según Santibáñez (2004), el mosto proveniente de bayas de vigor alto tuvieron un pH menor que las de vigor bajo (cuadro no. 5). Esto sucede como consecuencia del mayor sombreado de los racimos del vigor alto al estar cubiertos por la canopia tienen una menor tasa respiratoria y menor consumo de ácidos.

Cuadro No. 5. pH en el racimo en cosecha

Sector	pH
Alto vigor	3.82 ± 0.07
Bajo vigor	3.91 ± 0.18

Fuente: Santibáñez (2004).

Por su parte Cortell (2006), realizó un ensayo en dos cuadros de viña, ambos presentaban plantas de vigor alto, medio y bajo. Esta no encontró diferencias estadísticas en el pH entre los tres vigores (alto, medio y bajo) en uno de los cuadros, mientras que en otro encontró diferencias entre el vigor alto y el resto, siendo el primero el de menor pH.

Por último, Bramley et al. (2011), no coinciden con los anteriores autores, ya que no halló diferencia en el nivel de pH entre las zonas de alto y bajo vigor y rendimiento.

2.3.4.6 Polifenoles

Microclimas con luminosidad adecuada en la zona de los racimos producen aumentos en la síntesis de antocianos y polifenoles, comparados con los racimos sombreados. También hay que evitar los excesos de radiación ya que pueden provocar temperaturas demasiado excesivas en los racimos y así generar que una disminución de dichos compuestos (Spayd et al. 2002, De la Fuente et al. 2007)

Según González-Neves et al. (2010), el exceso de lluvias y las elevadas temperaturas inciden negativamente en la síntesis de polifenoles, también se genera un aumento en el tamaño de las bayas lo que genera un efecto de dilución. Mori et al. (2007) afirman que bayas expuestas a alta temperatura (35 °C) presentan menor concentración de antocianos totales, menos de la mitad que el tratamiento control (25 °C), esto se debe a la degradación de las antocianinas y la inhibición de la transcripción del mRNA de los genes que sintetizan antocianinas.

Bayas más expuestas tienen la capacidad de concentrar mayor cantidad de antocianinas, estas tienen mayor cantidad de antocianinas por gramo de peso fresco que las bayas cubiertas y alcanzan antes el inicio del envero (Downey et al., 2004). Según Diago (2010), se han observado incrementos de hasta diez veces la concentración de estos compuestos en bayas expuestas al sol respecto a bayas sombreadas.

Las bayas más pequeñas tienen una mayor área en relación al volumen que las bayas más grandes, esto permite una mejor extracción de antocianos y otros compuestos fenólicos de la pulpa debido a que hay mayor proporción de solvente (pulpa)/soluto (metabolitos secundarios) que en bayas más grandes. El estrés hídrico tiene un efecto positivo y directo sobre la biosíntesis de taninos y antocianos en el hollejo (Girona et al., 2009).

Según Bramley et al. (2011), la zona de alto vigor y rendimiento tiene una menor concentración de polifenoles totales en comparación con las de bajo vigor y rendimiento.

2.3.4.7 Componentes de la baya

La baya está compuesta por tres partes, el hollejo, la pulpa y las semillas. Según Ferrer et al. (2013), el componente pulpa es el que aporta más al peso total de la baya en la variedad Tannat y a su vez este depende del peso del componente semilla.

Mientras que en el ensayo realizado por Cortell (2006), encontró que el peso de semillas se diferenció estadísticamente en uno de los dos cuadros de vigor bajo.

2.3.5 Efectos del vigor sobre índices de respuesta

2.3.5.1 Índice de Rávaz

Esta relación (Producción de uva/ Producción de madera de poda) da una indicación del balance entre la producción de frutos y el crecimiento vegetativo. La relación varía de acuerdo a la variedad y el ambiente. Valores entre 5 y 10 parecen ser los óptimos para obtener plantas equilibradas, en un amplio rango de situaciones. Esto se traduce en que una planta equilibrada debería dar entre 5 y 10 kilos de uva, aproximadamente por, cada kilo de madera de poda. Valores inferiores a 5 serían indicadores de alto vigor y mayores que 10 indicarían situaciones de bajo vigor y excesiva carga (Aliquó et al., 2010).

Ferrer et al. (1997), determinaron que para una variedad productiva como Tannat el rango óptimo se sitúa entre 6 y 8 para plantas en equilibrio productivo.

Si el índice de Raváz supera el máximo óptimo, se perjudica la acumulación de azúcares, polifenoles, antocianos y se produce un pH más bajo. Si supera el mínimo óptimo disminuirá la acidez total y aumentará el pH. Mientras que si se mantiene dentro de los valores óptimos aumentara la acumulación de azúcares, polifenoles y antocianos (Martínez de Toda, 2011).

2.3.5.2 Superficie foliar expuesta potencial/producción de uva

En la madurez, la relación entre la superficie foliar expuesta potencial y el rendimiento es considerado como un indicador de equilibrio fisiológico (Carbonneau, 1995).

En general un aumento de la producción disminuye la calidad, a partir de una cantidad de cosecha y una superficie foliar determinadas por desequilibrio en la planta. Por otro lado, y para un cierto nivel de producción, la calidad parece ser más elevada cuanto mayor es la presencia de vegetación en la cepa (por ser mayores los productos de la fotosíntesis que se acumulan en las bayas). Pero, del mismo modo que las cepas excesivamente vigorosas no siempre son las más productivas, el aumento de la superficie foliar no siempre va asociado a una mayor calidad. Si se prima el vigor de la planta (o superficie foliar), las cepas detienen más tarde el crecimiento, disminuye el tiempo de maduración y los racimos no alcanzan el nivel deseado de calidad. Otras veces, la síntesis y la acumulación de polifenoles en el hollejo se ve reducida en aquellas cepas que disponen fácilmente de N (cepas más vigorosas), al utilizarse la enzima responsable de la síntesis de estos compuestos en otras vías metabólicas. En definitiva, el objetivo buscado es el equilibrio entre el desarrollo vegetativo de la planta, la producción y la calidad. Para Arnó Satorra (2008), un ratio vegetación/producción de 1,2 a 1,5 m²/kg se estima como óptimo en viña, mientras que para Carbonneau (1995), el rango óptimo se sitúa entre 0.5 a 0.75 m²SFEp/Kg.

Una alta relación hoja/fruto resulta en un menor descenso en la asimilación y conductancia estomática, pero favorece la acumulación de azúcares solubles en hojas durante el día. La exportación de carbohidratos de la hoja se ve beneficiada por la presencia de órganos fosa, como las bayas, y de un bajo ratio hoja/ fruto (Zufferey y Murisier, 2005). Es más importante analizar la relación entre la SFEp y la carga, que realizarlo en forma individual, debido a que se incorpora el concepto de equilibrio fisiológico de la vid, y de este depende el potencial de maduración. Permite caracterizar la actividad de la vid ya que el nivel de captación de la energía solar depende de la SFEp (IFV – Instituto Francés de la Viña y el Vino).

Según Torres (1993), el control del rendimiento es un aspecto fundamental a tener en cuenta para la obtención de cosechas de calidad. Producciones muy elevadas en relación a la superficie foliar afectan negativamente el metabolismo de los compuestos de reserva. Las uvas presentan una concentración más baja de azúcares, y por lo tanto una maduración más complicada, con una disminución de compuestos polifenólicos, especialmente en los vinos tintos.

2.3.5.3 Capacidad de producir materia seca

Carbonneau (1996), definió la capacidad anual de la planta de producir materia seca (CPMS) como un índice de su equilibrio fisiológico. La relación de

la materia seca con la superficie foliar expuesta, según este autor, permite visualizar de manera aproximada la posibilidad ofrecida a la planta de invertir en las actividades del metabolismo primario y secundario a la vez que asegurar su condición de perennidad. Para una SFEp/ha de 3630 m², la CPMS esperada es de 2312.5 Kg/ha (Kliewer y Dokoozlian, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN Y DEL AÑO DE ENSAYO

En el sur del Uruguay las temperaturas medias máximas son de 30°C en el mes de enero. Las precipitaciones anuales se sitúan entre los 1200 a 1600 mm con acumulados mensuales entre 60mm y 140mm según la zona dada la gran variabilidad interanual. Los valores medios de evapotranspiración potencial (ETP), se sitúan entre 1000 mm y 1200 mm, dicha ETP presenta un claro comportamiento estacional registrándose los valores más altos en el verano, seguido de la primavera, el otoño y el invierno (Castaño et al., 2011).

En los meses de setiembre, octubre y noviembre, la temperatura media oscila entre 13°C y 18°C, la máxima toma valores de 19°C a 24°C, mientras que la mínima está entre los 7°C y 12°C. La acumulación media de ETP tiene un valor acumulado de 310 mm, mientras que las precipitaciones, acumuladas, en el mismo período, son de 290 mm. Durante la maduración de la uva (diciembre, enero y febrero) la temperatura media comprende valores de 23°C a 24°C, siendo la máxima de 29°C y la mínima de 15°C. La acumulación media de ETP alcanza los 450 mm y las precipitaciones los 250 mm (INUMET, 2015)

3.2 MATERIAL VEGETAL

El ensayo se instaló en un viñedo comercial del cultivar Tannat perteneciente al Establecimiento Juanico ubicado sobre ruta 5 km. 36 en el Departamento de Canelones

El viñedo fue implantado en el año 1994 según la siguiente descripción, sistema de conducción espaldera de 1.6mts de altura, el alambre de poda se encuentra a 0.6 metros sobre el suelo y los laderos están a 40cm y 65cm de distancia del alambre de poda, orientación de las filas N-S, el tipo de poda Guyot dejando un cargador hacia el Norte y otro hacia el Sur con un número medio de yemas de 6 por cada uno. La distancia entre filas es de 2.5 metros y entre plantas de 1.2 metros, la entrefila se mantiene siempre empastada y la fila libre de cobertura vegetal mediante la aplicación de herbicidas. Los tratamientos sanitarios fueron los usuales del establecimiento.

Se trabajó en dos cuadros contiguos, el cuadro no. 1 de una superficie de 1.1Ha con una pendiente <1% con dirección NE-SW, el cuadro no. 2 de una superficie de 0.7Ha con una pendiente >5% con dirección E-W.

3.3 DEFINICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

A partir de imágenes aéreas tomadas en el 2013 se calculó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y a partir de los valores obtenidos se determinaron tres niveles de vigor. Se asignó un vigor Bajo para un valor de NDVI <3, Medio para un valor de NDVI >3 y <4, y Alto para un valor de NDVI >5. En el invierno siguiente se corroboraron las zonas delimitadas con los diferentes vigores mediante el peso poda de la madera del año de las plantas de las parcelas.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, en cada cuadro se marcaron 3 parcelas por vigor (ALTO, MEDIO y BAJO) integrada por 10 plantas cada una, totalizando 180 plantas en el ensayo.

3.5 EVALUACIONES

En la siguiente se indican todas las evaluaciones realizadas

Evaluación	Sigla
Crecimiento vegetativo	
Producción de madera del año (kg)	PMA
Número de sarmientos	NS
Superficie foliar expuesta potencial (m ²)	SFEp
Componentes del rendimiento	
Fertilidad de yema	FY
Número de racimos por planta	NR
Producción de uva (kg)	REND
Producción de uva con podredumbre (kg)	PPOD
Seguimiento de la evolución de la composición de la uva y en cosecha	
Azúcares y grados brix (g/l)	SS y °BRIX
Acidez titulable (gH ₂ SO ₄ /l)	H+
Ratio (SS/H+)	RA
Peso de baya (g)	PB
pH	pH
Antocianos	ApH1 – ApH3.2
Polifenoles totales	A280

Componentes de la baya, pulpa, hollejo, semillas (%)	%PS - %PP - %PH
Respuesta de la planta	
Seguimiento fenológico (Escala E y L)	FEN
Número de días de los estados fenológicos	DD
Índice de Raváz (PMA/REND)	IR
Capacidad de producir materia seca (kg)	CPMS
Relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva	SFEP/REND
Caracterización climática de las condiciones del año	
Temperatura interna de la canopia (°C)	TEMP

3.5.1 Crecimiento vegetativo

3.5.1.1 Producción de madera del año (PMA)

Esta práctica de poda se realizó por planta y vigor. Se utilizó una balanza marca OHAUS EB Series de origen EEUU (Kg).

3.5.1.2 Número de sarmientos (NS)

En la poda se contaron por planta los sarmientos del año.

3.5.1.3 Superficie foliar expuesta potencial (SFEp)

La SFEp (m²) fue estimada según el método de Carbonneau (1995). Se seleccionó al azar dos plantas por subparcela, se realizó un registro fotográfico de cada una de ellas, por detrás se colocaba un fondo blanco para calcular el porcentaje de porosidad de la canopia, se registró el ancho, alto y profundidad de la canopia. Estos datos se introdujeron en una planilla electrónica y utilizando la fórmula, del método se obtuvo la superficie foliar expuesta potencial en m²/ha.

Fórmula: $SFEP (m^2/m^2 \text{ sol}) = [1 - T(m)/D(m)] * 1/E(m) * (1-x) * S(m)$

S = Perímetro expuesto corregido

T = Agujeros sin vegetación

D = Distancia en la fila

E = Separación entre filas

3.5.2 Componentes del rendimiento

3.5.2.1 Fertilidad de yema (FY)

Se contabilizó el número de racimos por rango de yema y por pámpano según orientación N-S.

3.5.2.2 Número de racimos por planta (NR)

En cosecha se contabilizó y pesó por planta, el total de racimos por planta. Se utilizó una balanza marca OHAUS EB Series de origen EEUU.

3.5.2.3 Producción de uva (REND)

La cosecha se decidió en función de los resultados analíticos realizados durante el seguimiento de la maduración. Los criterios para obtener uva madura fueron: $3.4 < \text{pH} < 3.5$ y $4.8 < \text{acidez titulable} < 5$. La sanidad de los racimos dada las condiciones climáticas del año, tomo un rol preponderante en la decisión de cosechar. Se cosechó por planta y se midió su peso (kg) utilizando una balanza marca OHAUS EB Series de origen EEUU.

3.5.2.4 Producción de uva con podredumbre (PPOD)

Se midió la producción de uva (kg) afectada por ésta. Se consideró racimo enfermo aquel que tenía signo visible de daño y se registró el peso por planta. Se utilizó una balanza marca OHAUS EB Series de origen EEUU.

3.5.3 Seguimiento de la evolución de la composición de la uva y en cosecha

A partir del estado fenológico 35 de la escala de Eichhorn y Lorenz, adaptada por Coombe (1995), se realizaron muestreos semanales de 250 bayas de todas las parcelas, previo a la cosecha los muestreos se realizaron dos veces por semana. Las muestras se extrajeron según el protocolo propuesto por Carbonneau (1995): partes de racimos con 3 a 5 bayas de las diferentes partes del racimo (superior, medio, inferior, de la cara externa e interna). Se extrajeron el mismo número de bayas por planta del lado este y oeste de la espaldera. Las muestras se transportaron en heladera. En el laboratorio se realizaron los análisis de rutina según el protocolo de la OIV (2007):

Peso de las bayas (PB) (g), sobre una muestra de 250 bayas. Se utilizó balanza marca OHAUS Scout pro SP601 de origen EEUU. Azúcares, se realizó mediante la utilización de un refractómetro marca ATAGO Master-T, se

determinan con el índice de refracción expresado en grados brix ($^{\circ}$ BRIX) a una temperatura estándar de 20°C. Acidez por titulación y expresada en gH₂SO₄/l. pH por potenciometría, utilizando pH-metro marca Hanna HI2211 de origen EEUU, la medición del pH de los mostos se realizó a la temperatura de 25°C.

La obtención del mosto se obtuvo mediante la trituración de cada muestra, entre muestra y muestra todos los instrumentos utilizados fueron previamente lavados con agua destilada.

3.5.3.1 Polifenoles

Las bayas se analizaron de acuerdo con Glories y Agustin (1995), incorporando las modificaciones propuestas por González-Névez (2005), con el fin de determinar la riqueza fenólica, el potencial total de antocianos ApH1 y el potencial de antocianos extraíbles ApH3.2. La obtención del mosto fue a partir de una muestra de 250 bayas colectadas en cosecha que fueron posteriormente congeladas ya que el análisis no se realizó inmediatamente luego de la cosecha. Mediante trituración de las bayas en una licuadora Philips HR2855, luego de obtenido el mosto este se llevó a 25°C y se tomó dos muestras de 50 gramos de mosto cada una, luego se le agregó 50 mililitros de una solución a pH 1 y a la otra una solución a pH 3.2, fueron maceradas durante cuatro horas agitándolas en círculos cada hora. Luego se filtraron las muestras con algodón durante 5 minutos y se procedió a realizar los preparados, mediante la utilización de un espectrofotómetro UNICO Spectrophotometer s-2150 uve de origen EEUU para medir la absorbancia de los antocianos a una longitud de onda de 520Nm utilizando celdas de vidrio de 1 centímetro de recorrido óptico, y los compuestos fenólicos totales a una longitud de onda de 280Nm utilizando celdas de cuarzo de 1 centímetro de recorrido óptico. Los índices se calcularon teniendo en cuenta la dilución respectiva de los extractos de uva, de acuerdo con González-Névez (2005).

3.5.3.2 Componentes de la baya (%PS - %PP - %PH)

El método consistió en registrar el peso de 100 bayas utilizando una balanza marca OHAUS Scout pro SP601 de origen EEUU, luego se procedió a romper la baya separando semillas y el hollejo de cada una. Se secaron, pesaron y contaron la totalidad de las semillas y los hollejos, y mediante la diferencia de peso de esos componentes de la baya se obtuvo el peso de la pulpa. Estos componentes se expresan en porcentaje del peso total.

3.5.4 Respuesta de la planta

3.5.4.1 Seguimiento fenología (FEN)

Se utilizó la escala de Eichhorn y Lorenz, adaptada por Coombe (1995), se midió desde el estado fenológico E-L 2 hasta cosecha (E-L 38). El seguimiento fenológico se realizó semanalmente en una subparcela de cada vigor y cuadro, relevando cada yema de cada planta.

3.5.4.2 Número de días de los diferentes estados fenológicos (DD)

A partir de la información generada por el registro fenológico se calculó la duración de los diferentes estados fenológicos (días julianos). Los estados fueron: de brotación a floración, de floración a cuajado y de cuajado a ratio (relación ss/acidez titulable) 29.

3.5.4.3 Índice de Raváz (IR)

Este índice resulta del cociente entre la producción total de uva y la producción de madera del año. Se calculó en cada parcela según el vigor.

3.5.4.4 Capacidad de producir materia seca (CPMS)

Estimación de la capacidad de producir materia seca según la fórmula propuesta por Carbonneau (1996), $CPMS = 0.5 \text{ peso de madera de poda (kg)} + 0.2 \text{ peso de rendimiento (kg)}$.

3.5.4.5 Relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva (SFEp/REND)

Esta relación se calculó para todas las subparcelas según vigor y cuadro, a partir del cociente entre las medias de la SFEP y la producción de uva.

3.5.4.6 Temperatura interna de la canopia (TEMP)

Se instalaron registradores de temperatura (Marca: Ibutton, modelo: DS1921G) del 4 de setiembre del 2013 hasta finalizada la cosecha el 5 de marzo del 2014. Se ubicaron en la canopia a nivel del alambre de poda y los registros se efectuaron cada una hora (°C) durante el período de evaluación.

3.5.4.7 Datos climáticos de la zona

A partir de la información brindada por el INIA “Las Brujas” de Temperatura, Precipitación y ETP, se realizó un climograma.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron tratados por un análisis multivariado: análisis de componentes principales (ACP) y Clasificación Jerárquica Ascendente (CJA), la similitud entre grupos fue calculada a partir de los resultados de ACP.

Las variables incluidas en el ACP fueron: índice de Raváz, capacidad de producir materia seca, relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva, producción de madera del año, número de sarmientos, superficie foliar expuesta potencial, sólidos solubles, acidez titulable, ratio, pH, polifenoles, temperatura de la canopia, peso de baya, número de racimos por planta, producción de uva, producción de uva con podredumbre, y componentes de la baya. Las correlaciones entre las variables se analizaron por el método de la r de Pearson.

El análisis de la varianza fue realizado utilizando el test LSD de Fisher ($p=0.1$) en las variables de producción de uva, producción de uva con podredumbre, peso de la madera del año, capacidad de producir materia seca, superficie foliar expuesta potencial, fertilidad de yema, número de sarmientos, número de racimos por planta, peso de la baya, índice de Raváz. Se utilizó el paquete estadístico Infostat (versión 2014).

4. RESULTADOS

4.1 RELACIÓN ENTRE VARIABLES

En el análisis de ACP los dos primeros componentes principales incluyen el 86.5% de la varianza total. Para generarlos fueron consideradas las variables de crecimiento vegetativo, de rendimiento, de composición, e índices de respuesta. El componente principal 1 (CP1) aporta el 66.0% mientras que el componente principal 2 (CP2) aporta el 20.5% (figura no. 10).

En el cuadro no. 6 se indican los autovectores, que muestran la relación de cada vector de carga con los dos componentes principales graficados.

Los vectores de carga que integran el ACP, se encuentran asociados entre sí en distinta magnitud formando grupos, distinguiéndose 6, contribuyendo de manera diferente a cada CP.

El grupo 1, está compuesto por los vectores superficie foliar expuesta potencial, producción de madera del año, acidez titulable y número de sarmientos que contribuyen positivamente al CP1 (e1 0.23, 0.23, 0.24, 0.19 respectivamente).

El grupo 2 lo integran los vectores producción de uva con podredumbre, número de racimos por planta, capacidad de producir materia seca, y producción de uva, estos, al igual que el grupo anterior también contribuyen positivamente al CP1 (e1 0.26, 0.25, 0.26, 0.25 respectivamente).

El grupo 3 está formado por los vectores índice de Raváz, porcentaje del peso de semilla, peso de baya, estos contribuyen negativamente al CP2 (e2 -0.30, -0.31, -0.35, respectivamente).

El grupo 4 está compuesto por los vectores porcentaje de peso de pulpa y pH, estos al igual que el grupo anterior, contribuyen negativamente el CP2 (e2 -0.39, -0.29 respectivamente)

El grupo 5 lo componen los vectores temperatura interna de la canopia, ratio, ApH3.2 y ApH1, estos contribuyen negativamente al CP1 (e1 -0.23, -0.25, -0.23, -0.24 respectivamente).

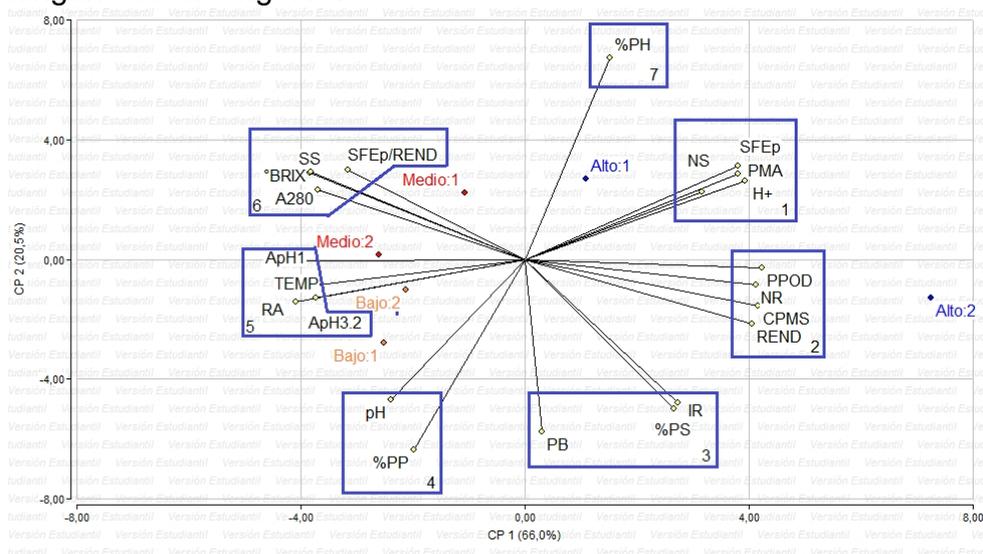
El grupo 6 está compuesto por A280, °BRIX, sólidos solubles y relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva, que aportan negativamente al CP1 (e1, -0.23, -0.24, -0.24, -0.20 respectivamente).

El grupo 7 solo lo compone el vector porcentaje de peso de hollejos que contribuye positivamente al CP2 (e2 0.42).

Las variables de crecimiento vegetativo (superficie foliar expuesta potencial, producción de madera del año, número de sarmientos), de rendimiento (número de racimos por planta, producción de uva, producción de uva con podredumbre), de composición (acidez titulable), de componentes (porcentaje de peso de hollejo) e índice de respuesta (capacidad de producir materia seca) se correlacionan con el vigor ALTO.

Por otro lado, las variables que expresan calidad (sólidos solubles, °BRIX, A280, ApH1, ApH3.2, ratio, pH) y el porcentaje de peso de pulpa, se correlacionan con los vigores MEDIO y BAJO.

Finalmente, las variables relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva, índice de Raváz, temperatura interna de la canopia, porcentaje del peso de semilla, peso de baya no se correlacionan con ninguno de los vigores.



Referencias: producción de madera del año (PMA), número de sarmientos (NS), superficie foliar expuesta potencial (SFEP), número de racimos por planta (NR), producción de uva (REND), producción de uva con podredumbre (PPOD), fenología (FEN), grados brix (°BRIX), acidez titulable (H+), ratio (RA), peso de baya (PB), pH (pH), temperatura interna de la canopia (TEMP), número de días de los estados fenológicos (DD), índice de Raváz (IR), capacidad de producir materia seca (CPMS), relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva (SFEP/REND), Antocianos (ApH1 – ApH3.2), polifenoles totales (A280), % peso de semilla (%PS), % peso de pulpa (%PP), % peso de hollejo (%PH).

Figura No. 10. Análisis de componentes principales

Cuadro No. 6. Autovectores

variable	e1	e2	variable	e1	e2
NS	0.19	0.14	SFEP/REND	-0.2	0.19
PMA	0.23	0.18	IR	0.17	-0.30
SFEP	0.23	0.19	TEMP	-0.23	-0.05
REND	0.25	-0.13	CPMS	0.26	-0.10
NR	0.25	-0.05	%PS	0.16	-0.31
ApH3.2	-0.23	-0.08	RA	-0.25	-0.09
A280	-0.23	0.14	ApH1	-0.24	0.002
PPOD	0.26	-0.02	%PH	0.09	0.42
°BRIX	-0.24	0.18	%PP	-0.12	-0.39
pH	-0.15	-0.29	PB	0.02	-0.35
H+	0.24	0.16			

Con los mismos datos que se realizó el ACP se elaboró el análisis de clúster (figura no. 11), que agrupa las parcelas de acuerdo al cuadro de viñedo al que pertenecen y a su vigor.

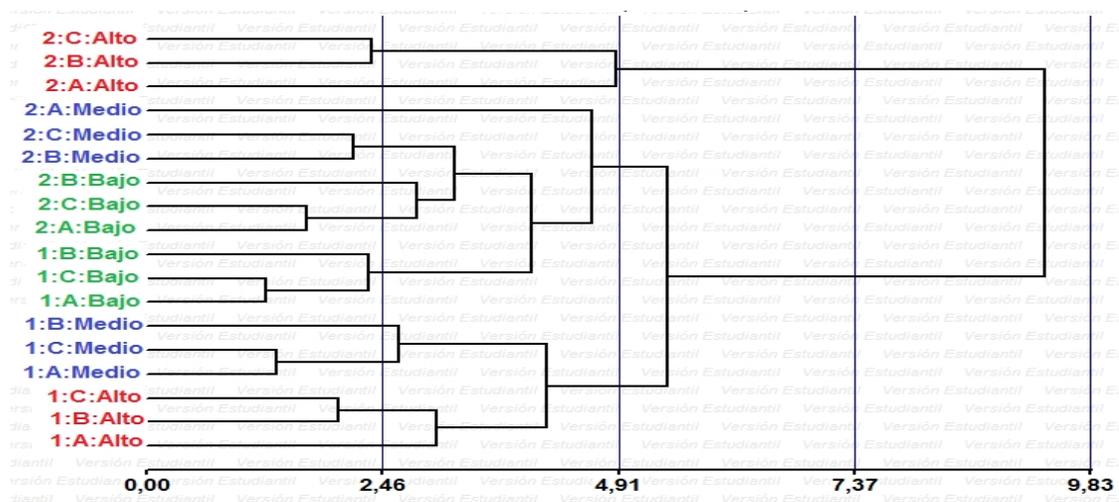
En primera instancia, se observa que los vigores y repeticiones pertenecientes a cada cuadro están relacionados entre sí (>2.46). Analizado la asociación entre las repeticiones de los vigores, en el vigor ALTO hay relación entre las repeticiones C y B que se respeta en ambos cuadros. La misma situación ocurre con el vigor BAJO, donde se asocian las repeticiones C y A. Mientras que el vigor MEDIO, presenta una asociación entre las repeticiones C y B para el cuadro no. 2 y C y A para el cuadro no.1.

En el segundo grupo (<2.46 y >4.91) se observa que los vigores BAJO y MEDIO del cuadro 2 se relacionan entre sí y estos luego con el vigor BAJO del cuadro 1. Mientras que en el vigor ALTO, la repetición A de ambos cuadros se asocia con las otras dos repeticiones del mismo vigor.

En el tercer grupo (<4.91 y >7.37) se relacionan todos los vigores y repeticiones del cuadro 1 con los vigores BAJO y MEDIO del cuadro 2. Y en el cuarto grupo (<7.37 y >9.83) se relaciona el vigor ALTO del cuadro 2 al resto de los vigores.

Del análisis se observa que los vigores BAJO y MEDIO son los primeros en asociarse y por último lo hace el ALTO. La relación más distante se produce

con las repeticiones del vigor ALTO del cuadro 2 ya que lo hace con el resto de los vigores recién en el cuarto grupo.



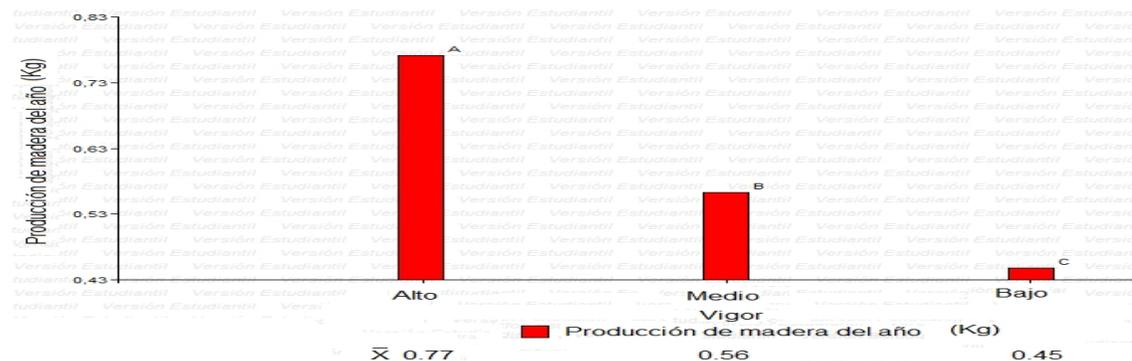
Referencias: Cuadro (1 – 2), Repetición (A – B – C), Vigor (Alto – Medio – Bajo).

Figura No.11. Análisis de clúster (distancia euclídea)

4.2 VARIABLES DEL VIÑEDO INDICADORAS DEL VIGOR

4.2.1 Variables vegetativas

4.2.1.1 Producción de madera del año



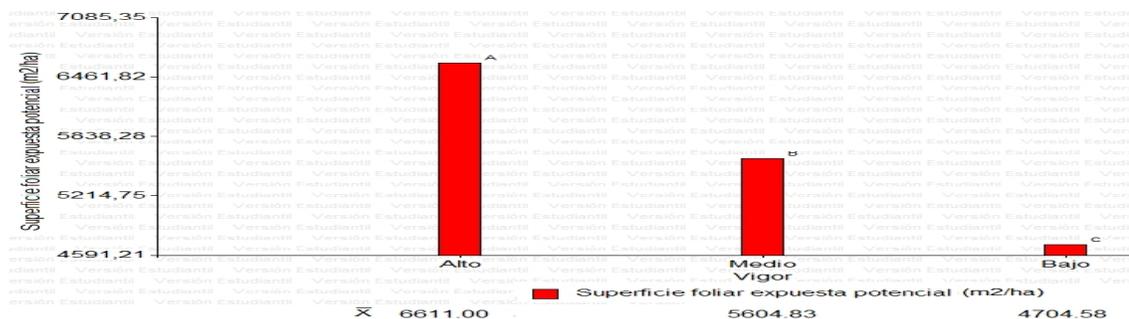
Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 12. Producción de madera del año

Se registraron diferencias significativas en la producción de madera del año (DMS= 0.09 Kg). La producción de madera del vigor ALTO fue mayor que

la del vigor MEDIO y este a su vez mayor que el BAJO. El vigor ALTO superó en 40% la producción de madera del año del vigor BAJO y en 27% al vigor MEDIO (figura no. 12).

4.2.1.2 Superficie foliar expuesta potencial

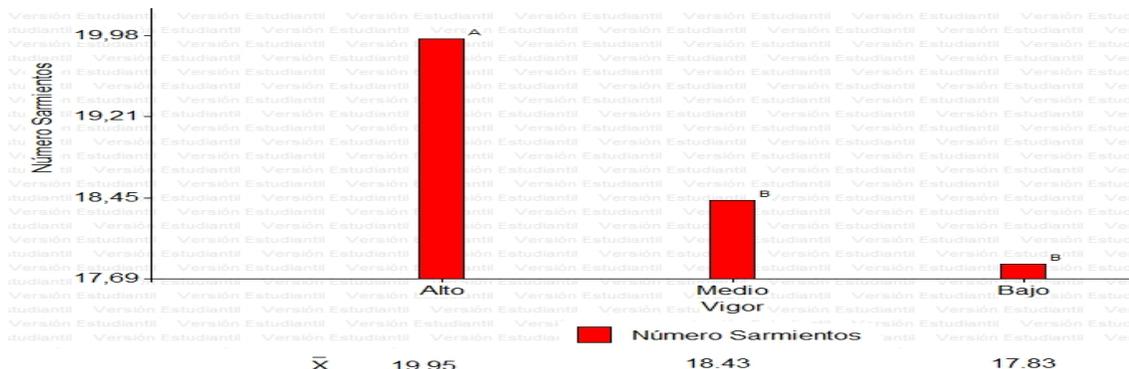


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p>0.1$)

Figura No. 13. Superficie foliar expuesta potencial

El vigor ALTO tuvo 17% más de superficie foliar expuesta potencial que el MEDIO y 40% más que el BAJO, siendo significativa la diferencia. La DMS toma un valor de 0.228 m². En este caso el vigor ALTO supero tres veces la SFEp del vigor BAJO (figura no.13).

4.2.1.3 Número de sarmientos



Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p>0.1$)

Figura No. 14. Número de sarmientos

Al igual que en las anteriores variables, el vigor ALTO presentó mayor número de sarmientos que los vigores MEDIO y BAJO. En esta variable los vigores MEDIO y BAJO no se diferenciaron estadísticamente ya que no superaron la DMS que tomo un valor de 1.52 sarmientos (figura no. 14).

4.3 INFLUENCIA DEL VIGOR SOBRE LAS VARIABLES

4.3.1 Componentes del rendimiento

4.3.1.1 Fertilidad de yema

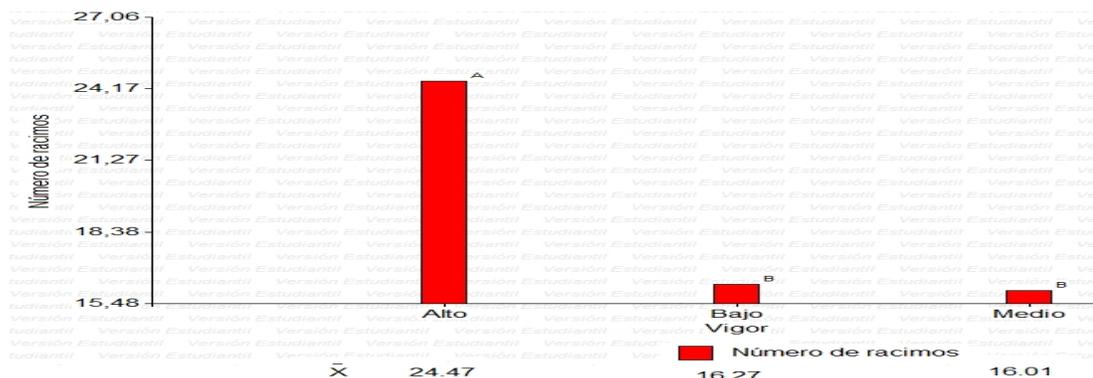
Cuadro No. 7. Análisis de la varianza de la fertilidad de yema según rango

Vigor/Rango	1	2	3	4	5	DMS	Media
Alto	A	A	A	AB	B	0,45	1,428
Medio	A	AB	AB	AB	B	0,44	1,570
Bajo	B	A	A	A	B	0,44	1,362

Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p>0.1$)

La fertilidad de yemas, mostró diferencias significativas en algunos rangos de yema por efecto del nivel vigor. El vigor ALTO, la mayor fertilidad se produjo en los cuatro primeros rangos de yema. En el vigor MEDIO, solo se observó diferencias entre el rango uno y cinco. Finalmente, para el caso del vigor BAJO, la mayor fertilidad se dio en los rangos de segunda, tercera y cuarta yema (cuadro no. 7).

4.3.1.2 Número de racimos por planta

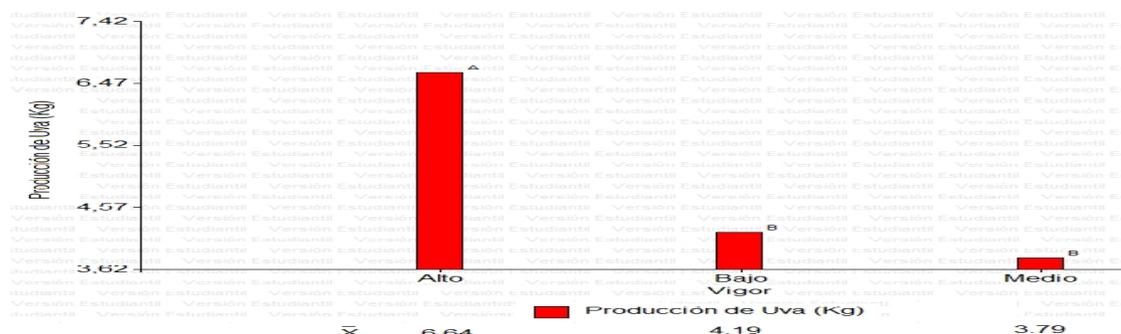


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p>0.1$)

Figura No. 15. Número de racimos por planta

La situación producida en el número de racimos fue similar a la de número de sarmientos. EL vigor ALTO fue significativamente superior en la cantidad de racimos que produjo en comparación a los vigores MEDIO Y BAJO y estos no se diferenciaron, ya que la DMS es de 4.94 racimos no fue superada. El vigor ALTO superó en 10 racimos la media del resto de los vigores (figura no. 15).

4.3.1.3 Producción de uva

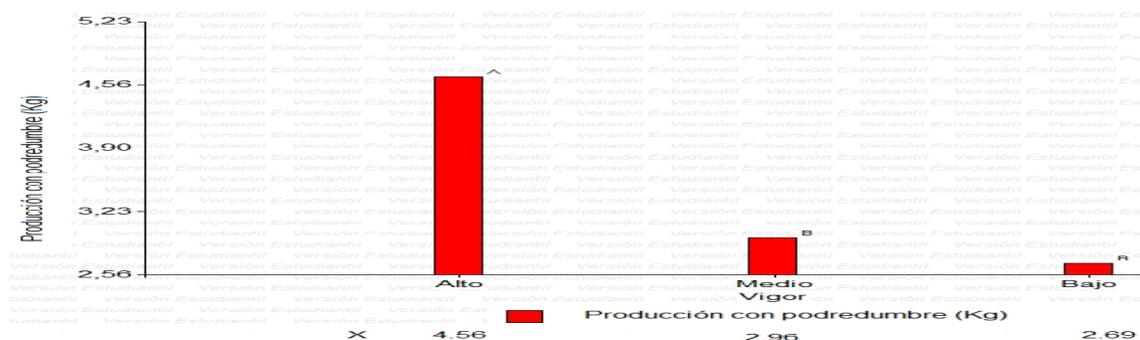


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 16. Producción de uva

Al igual que en la cantidad de racimos producidos, el rendimiento del vigor ALTO fue significativamente mayor y se diferenció estadísticamente (DMS=1.46 Kg) de los vigores MEDIO y BAJO y a su vez estos no se diferenciaron estadísticamente entre sí. El rendimiento en el vigor ALTO fue 43% superior al BAJO y 37% superior al MEDIO (figura no. 16).

4.3.1.4 Producción de uva con podredumbre

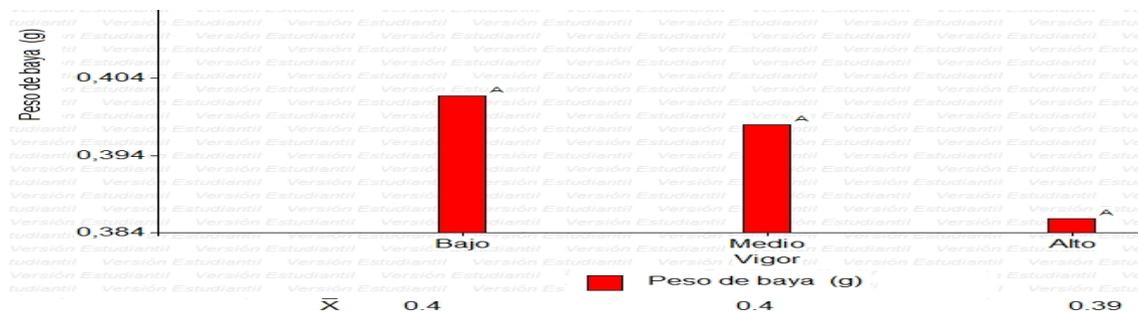


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 17. Producción de uva con podredumbre

Como sucedió en el rendimiento, el vigor ALTO obtuvo mayor rendimiento con podredumbre, diferenciándose estadísticamente de los vigores MEDIO y BAJO, y estos no lo hicieron entre sí (DMS= 4.46 Kg). Los porcentajes de superioridad del vigor ALTO de racimos afectados fueron similares al rendimiento (figura no. 17).

4.3.1.5 Peso de baya



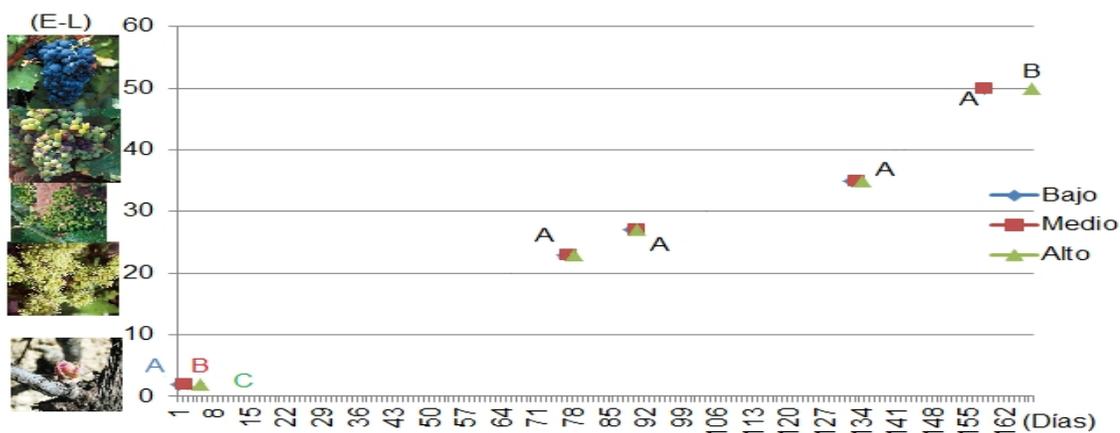
Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 18. Peso de baya

Las parcelas clasificadas de vigor BAJO, MEDIO y ALTO no muestran diferencias significativas en el peso de baya, la diferencia mínima significativa (DMS) fue de 1.46 gramos y esta no fue superada por ningún vigor (figura no. 18).

4.3.2 Índices de respuesta de la planta

4.3.2.1 Duración de días de los estados fenológicos



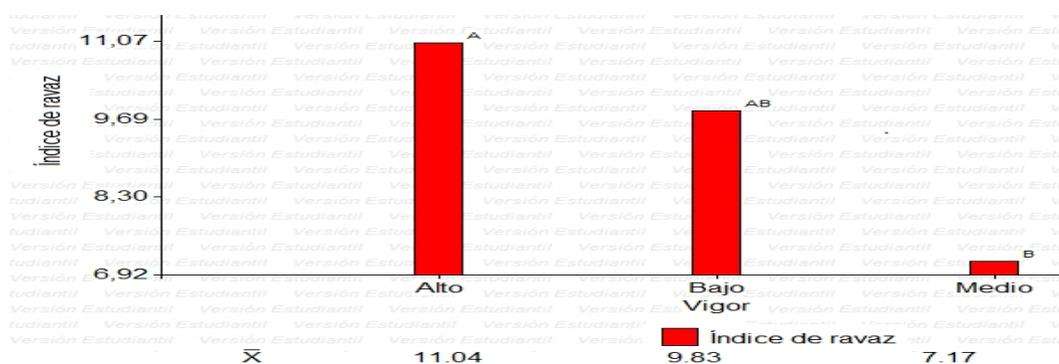
Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 19. Fenología

Existen diferencias significativas en la evolución fenológica de las parcelas de vigor BAJO, MEDIO y ALTO (figura no. 19). La correlación de los estados fenológicos analizados con los días tomo el valor 0.998, siendo esta positiva y muy alta.

El estado de brotación (E-L 2) fue alcanzado en momentos significativamente diferentes en las tres situaciones de vigor. El primero en brotar fue el BAJO, seguido del MEDIO y por último el ALTO. No hubo diferencias significativas entre los vigores, al momento de alcanzar los estados fenológicos de plena floración (E-L 23), cuajado (E-L 27) y envero (E-L 35). El valor de ratio 29 (valor que los tres vigores alcanzaron en la maduración), no hubo diferencias significativas entre los vigores BAJO y MEDIO, mientras que si hubo con el vigor ALTO que necesitó más días para alcanzar dicho valor.

4.3.2.2 Índice de Raváz

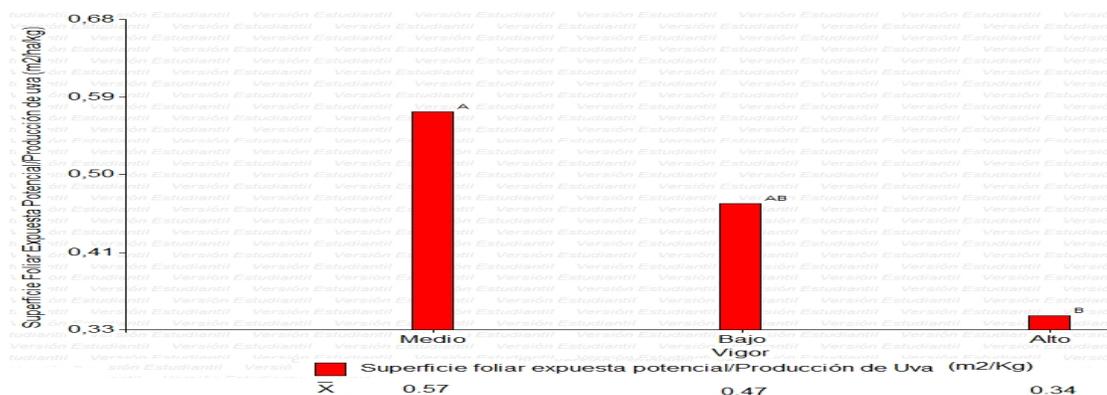


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 20. Índice de Raváz

EL vigor ALTO presentó mayor índice de Raváz que el vigor MEDIO (DMS= 2.77) mientras que el BAJO no se diferencia estadísticamente de estos. El valor medio de éste índice en los tres vigores indica que la producción de uva fue mayor a la producción de madera, ya que si no hubiera sido así tomaría un valor menor a uno (figura no. 20).

4.3.2.3 Relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva

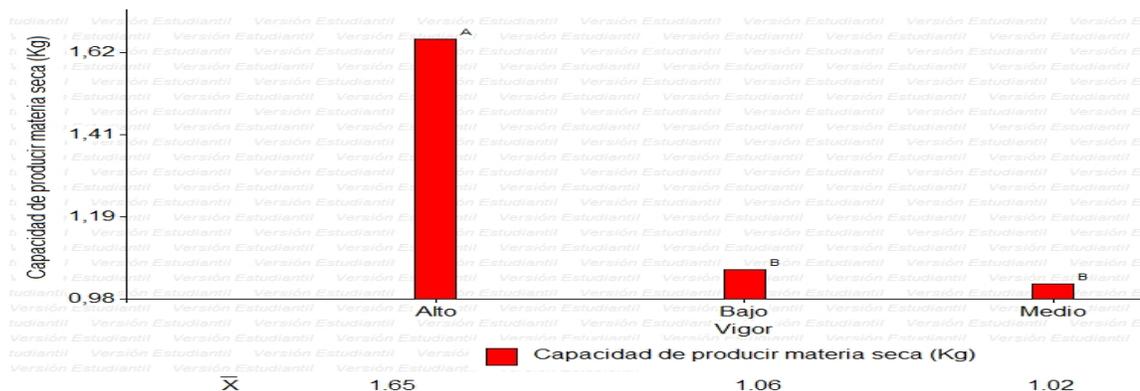


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 21. Relación superficie foliar expuesta potencial /producción de uva

En la relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva, fue el vigor MEDIO el que se diferencia estadísticamente del ALTO, mientras que el vigor BAJO no se diferencia de estos. Cuanto menor es el valor que toma el cociente, indica la producción de uva fue superior a la superficie foliar expuesta potencial (figura no. 21).

4.3.2.4 Capacidad de producir materia seca

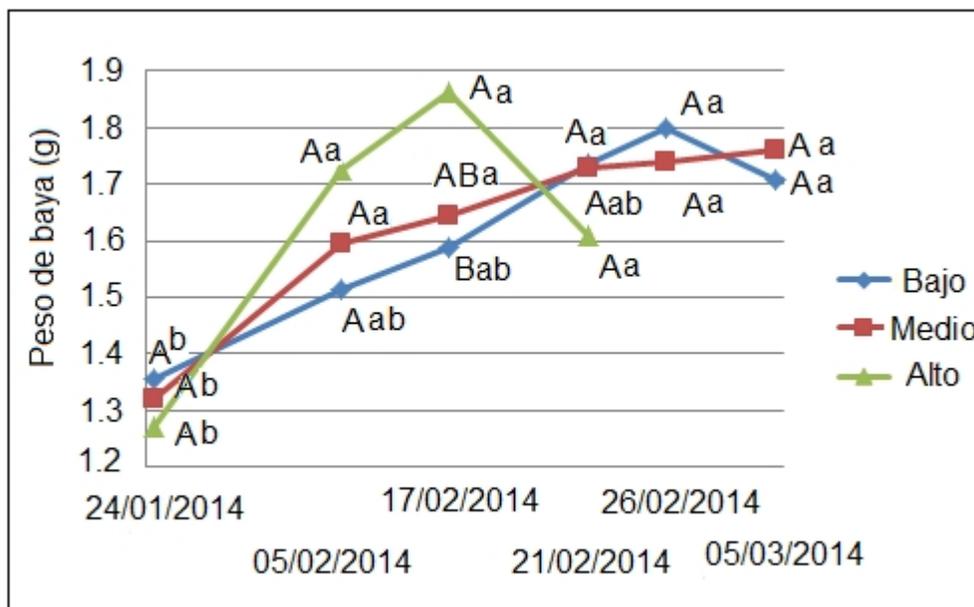


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 22. Capacidad de producir materia seca

Existen diferencias significativas en la capacidad de producir materia seca, el vigor ALTO fue el que produjo significativamente más, mientras que los vigos MEDIO y BAJO no se diferenciaron entre sí, ya que no superaron la DMS de 0.335 kg (figura no. 22).

4.3.2.5 Composición de la uva

Evolución peso de la baya

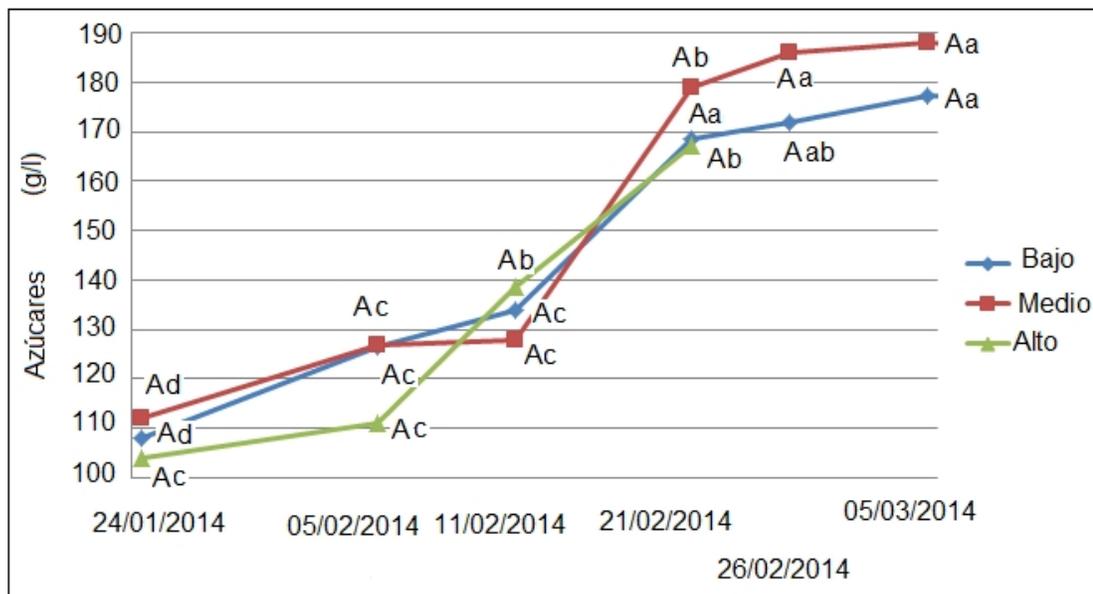
Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$) MAYÚSCULA entre tratamiento – MINÚSCULA dentro del tratamiento.

Figura No. 23. Evolución peso de baya

Se registraron diferencias significativas dentro de cada vigor y entre los vigores en la evolución del peso de la baya. En los vigores ALTO y BAJO el peso de la baya fue en aumento hasta la medición previa a cosecha, donde este descendió, mientras que el MEDIO el peso de la baya aumentó constantemente hasta la cosecha. La única diferencia significativa que hubo en la evolución entre los tratamientos es la del 17/02/2015 donde el BAJO se diferenció del ALTO (figura no. 23).

En la evolución dentro de cada vigor, solo hubo diferencias significativas en el peso de la baya del primer registro con el resto, esto sucedió para los vigores ALTO y MEDIO, mientras que para el BAJO, la diferencia significativa se observó entre la primera fecha de muestreo y las últimas tres. Si bien se registró una caída en el peso de la baya en el vigor ALTO y BAJO, estas no fueron estadísticamente diferentes de la medición anterior (figura no. 23).

Evolución azúcares

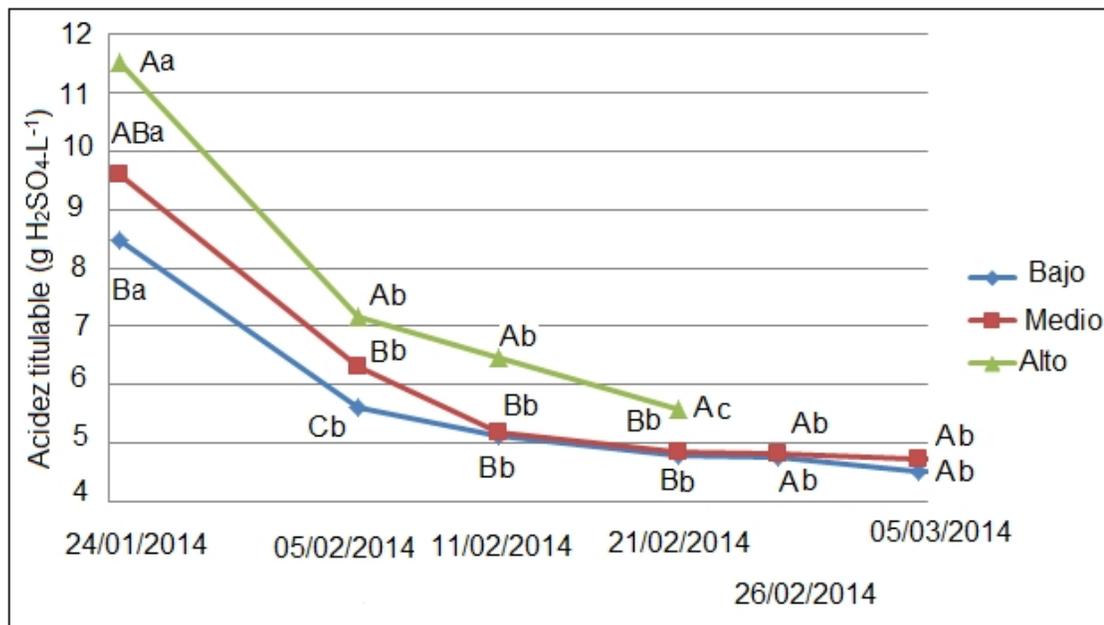


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p>0.1$) MAYÚSCULA entre tratamiento – MINÚSCULA dentro del tratamiento.

Figura No. 24. Evolución azúcares

En la evolución de los azúcares, se registraron diferencias significativas dentro de cada vigor, pero no entre los vigos. Esta evolución como era de esperar fue en constante aumento desde el inicio de las mediciones hasta la última. En la evolución del vigor ALTO, las dos primeras medidas se diferencian de la tercera, y esta de la última. En el vigor MEDIO, la primera medida se diferencia de las dos siguientes (segunda y tercera), estas se diferencian de la cuarta, y por último la cuarta se diferencia de las últimas dos. Por último en la evolución del vigor BAJO la primera medida se diferencia de las dos siguientes (segunda y tercera), estas se diferencian de la cuarta, y la cuarta se diferencia de la última (figura no. 24).

Evolución de la acidez titulable

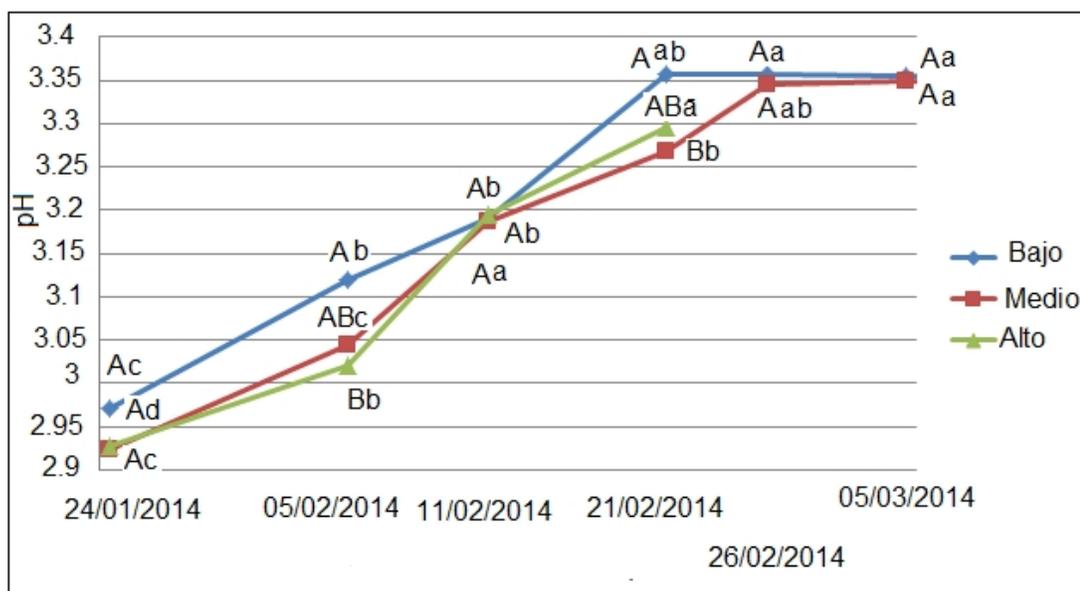


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$) MAYÚSCULA entre tratamiento – MINÚSCULA dentro del tratamiento.

Figura No. 25. Evolución acidez titulable

En la evolución de la acidez titulable existen diferencias significativas dentro de cada vigor y entre los vigores. La acidez titulable tuvo un descenso desde la primera medición hasta la última, inicialmente el descenso fue mayor hasta casi estabilizarse al final. En la primer medida, el vigor BAJO se diferenció del ALTO, en la segunda, todos los vigores se diferenciaron, mientras que en la tercera y cuarta el MEDIO y BAJO se diferenciaron del ALTO. En las dos últimas medidas el BAJO y MEDIO no se diferenciaron. En la evolución del vigor ALTO, la primer medida se diferenció de la segunda y tercera, y estas dos de la cuarta. En los vigores MEDIO y BAJO, solo la primera medida se diferenció del resto (figura no. 26).

Evolución del pH



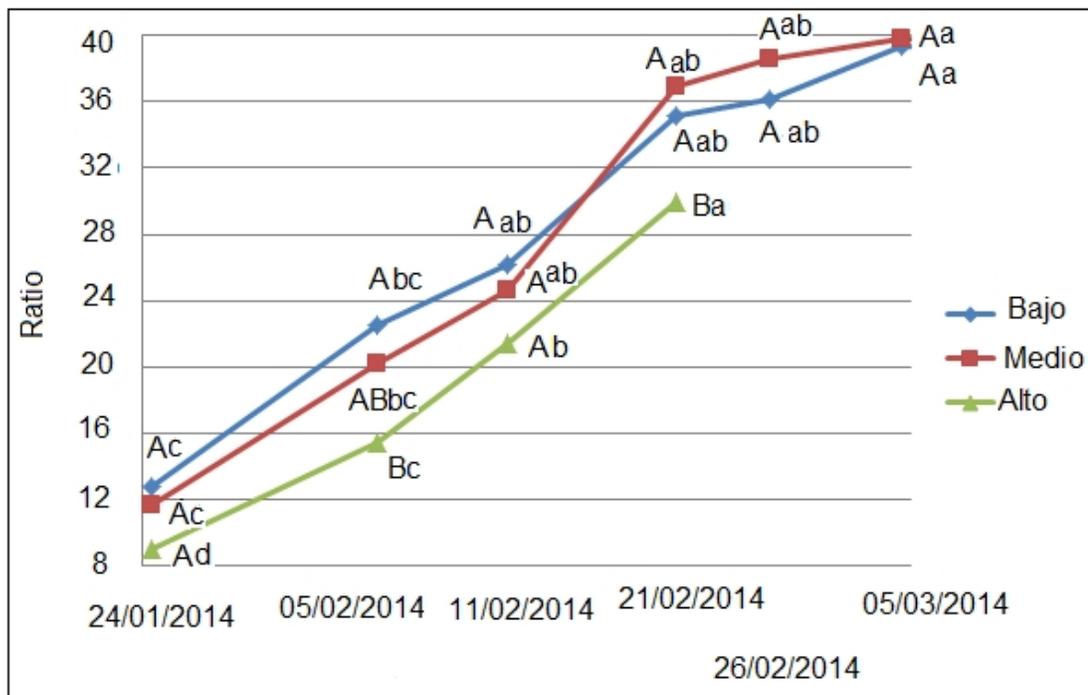
Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$) MAYÚSCULA entre tratamiento – MINÚSCULA dentro del tratamiento.

Figura No. 26. Evolución pH

En la evolución del pH existieron diferencias significativas dentro de cada vigor y entre los vigores. La evolución del pH fue en aumento hasta el 21/20/2014, en la que finaliza las mediciones en el vigor ALTO y se estabiliza el BAJO, mientras que la evolución el MEDIO se estabilizó una semana después (figura no. 25).

Las diferencias estadísticas se produjeron entre el vigor ALTO y el BAJO en la segunda medición. Mientras que el vigor MEDIO se diferenció del BAJO en la cuarta medición. Con respecto a la evolución de cada vigor, en el BAJO, la primera medición se diferenció de la segunda y la tercera, estas se diferenciaron de las últimas dos. En el vigor MEDIO, las primeras tres mediciones se diferenciaron entre sí, y la última se diferenció hasta la cuarta medición. Por último el vigor ALTO, tuvo el mismo comportamiento que el MEDIO hasta la tercera medición, mientras que las dos últimas no se diferenciaron (figura no. 25).

Evolución del ratio

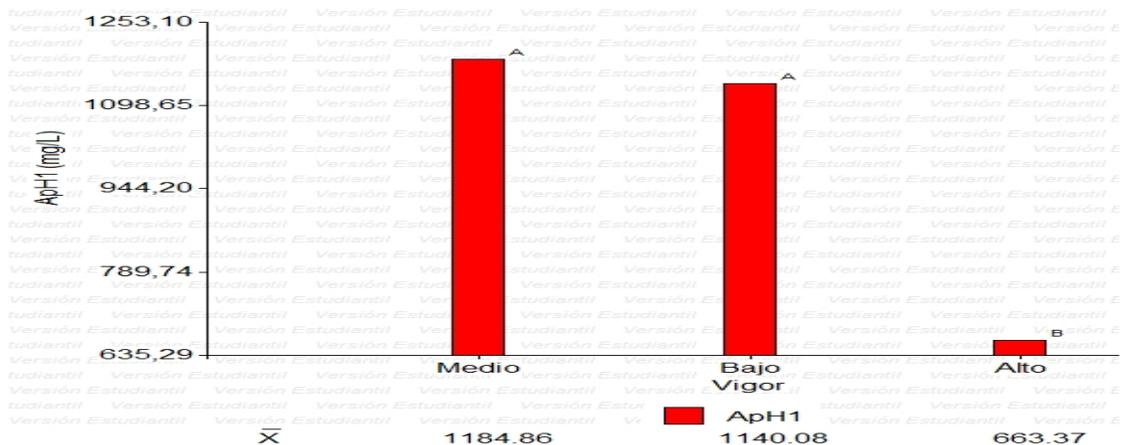


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$) MAYÚSCULA entre tratamiento – MINÚSCULA dentro del tratamiento.

Figura No. 27. Evolución ratio

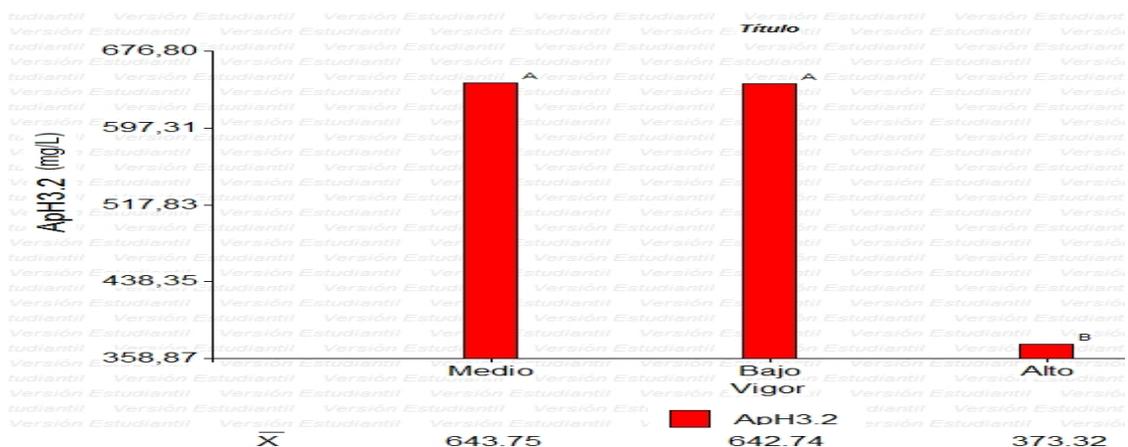
En la evolución del Ratio existieron diferencias significativas dentro de cada vigor y entre los vigos (figura no. 27). EL ratio evolucionó positivamente desde el inicio hasta cosecha en los tres vigos. Las diferencias entre los vigos se presentan en la segunda medición, donde el vigor ALTO se diferenció del BAJO, y en la cuarta, donde el vigor ALTO se diferenció del BAJO y MEDIO. En la evolución dentro de cada vigor, en el ALTO, todas las mediciones se diferenciaron estadísticamente. En los vigos MEDIO y BAJO, la primera medición se diferenció de la tercera en adelante, y la segunda de la última.

Antocianos ApH1 y ApH3.2 en cosecha



Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 28. Antocianos ApH1



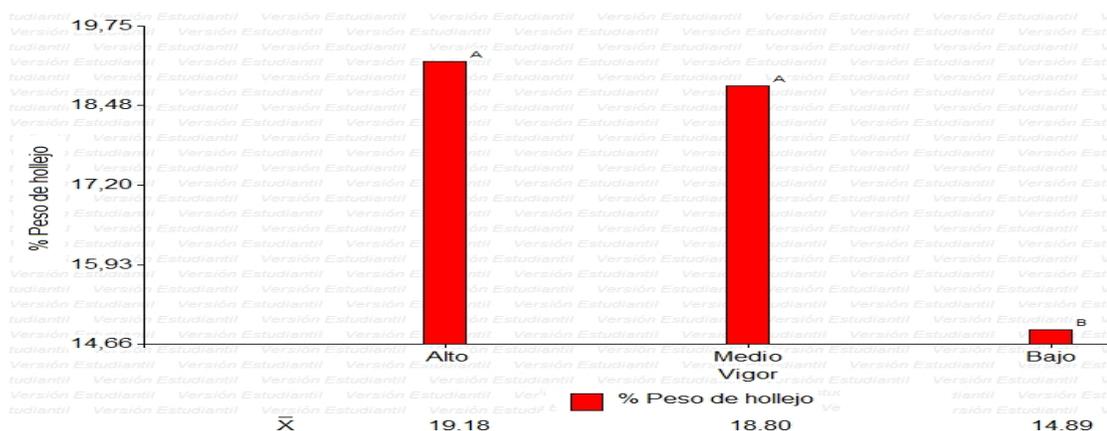
Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 29. Antocianos ApH3.2

Las parcelas clasificadas de vigor BAJO, MEDIO y ALTO mostraron diferencias significativas en la concentración de antocianos potencialmente extraíbles (ApH1) y extraíbles (ApH3.2), siendo la diferencia mínima significativa de 96.11 y 44.50 respectivamente (figuras no. 28 y 29).

Los vigores MEDIO y BAJO tuvieron mayor concentración de polifenoles potencialmente extraíbles (ApH1) y extraíbles (ApH3.2) diferenciándose del ALTO. Los vigores MEDIO y BAJO casi duplicaron dichas concentraciones con respecto al ALTO (figuras no. 28 y 29).

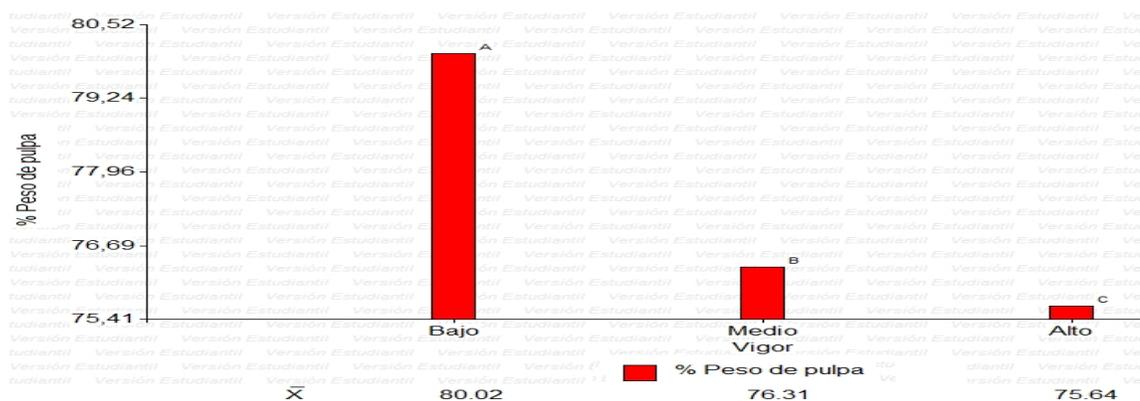
4.3.2.6 Componentes de la baya



Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 30. Porcentaje peso de hollejo

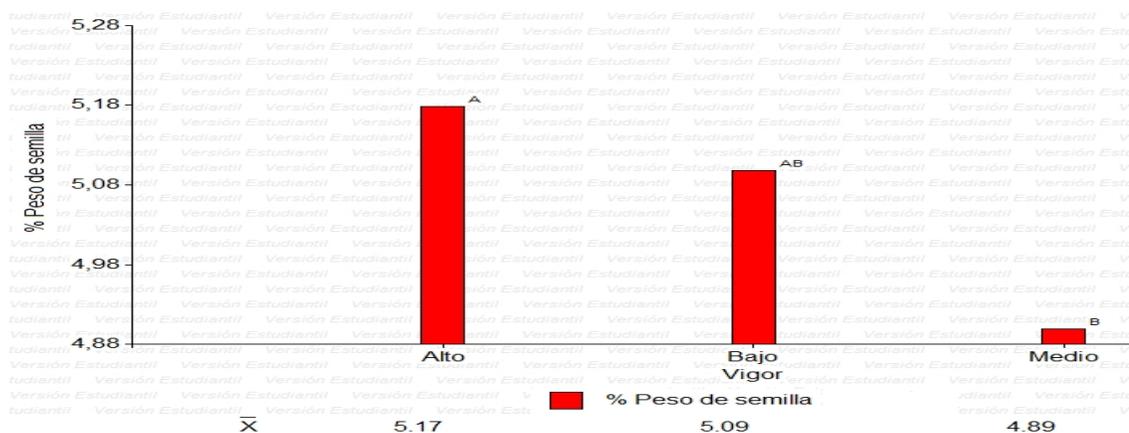
En la evaluación del porcentaje de peso del hollejo se produjeron diferencias significativas entre los vigores. Los vigores ALTO y MEDIO tuvieron un peso de hollejo superior al BAJO. Mientras que el ALTO y MEDIO no se diferenciaron por no superar la DMS que tomo un valor de 0.79 (figura no. 30).



Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 31. Porcentaje peso de pulpa

En el porcentaje de peso de la pulpa, los tres vigores se diferenciaron estadísticamente, el BAJO fue el que tuvo mayor proporción de pulpa seguido del MEDIO y por último el ALTO. Esta variable fue la que más influyó en el peso de la baya, ya que aportó desde el 75% del peso total en el vigor ALTO hasta el 80% en el BAJO (figura no. 31).

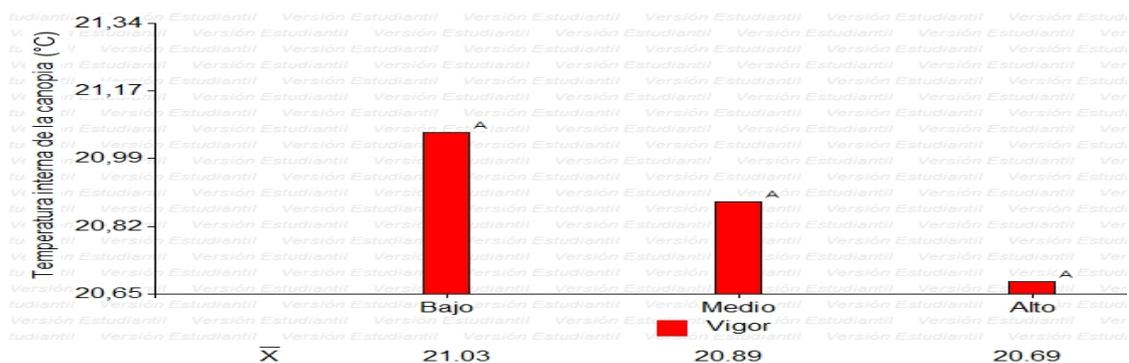


Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 32. Porcentaje peso de semilla

El porcentaje del peso de las semillas, fue superior en el vigor ALTO diferenciándose estadísticamente del MEDIO, mientras que el BAJO no se diferenció entre estos (figura no. 32).

4.3.2.7 Temperatura media interna de la canopia



Valores con igual letra no son significativamente diferentes (LSD $p > 0.1$)

Figura No. 33. Temperatura media interna de la canopia

Las parcelas clasificadas de diferente vigor no mostraron diferencias significativas en la temperatura media interna de la canopia (figura no. 33).

4.3.3 Caracterización climática de las condiciones del año en relación a la serie histórica

En diciembre y enero la temperatura máxima y media fueron superiores a las homólogas en la serie histórica, mientras que la mínima fue similar a su análoga en dicha serie. Las precipitaciones en el año de estudio fueron 5 veces inferiores a la histórica. En el mes de enero las temperaturas media, mínima y máxima fueron similares a las históricas. Las precipitaciones superaron cuatro veces el valor histórico promedio, estas son de 100mm históricamente y las producidas en el año del ensayo superaron los 400mm. En febrero, el comportamiento de las precipitaciones fue similar al del mes anterior, en este caso fueron 3 veces superior a la media histórica. La temperatura máxima fue similar a la histórica, mientras que la media y mínima fueron inferiores a las históricas.

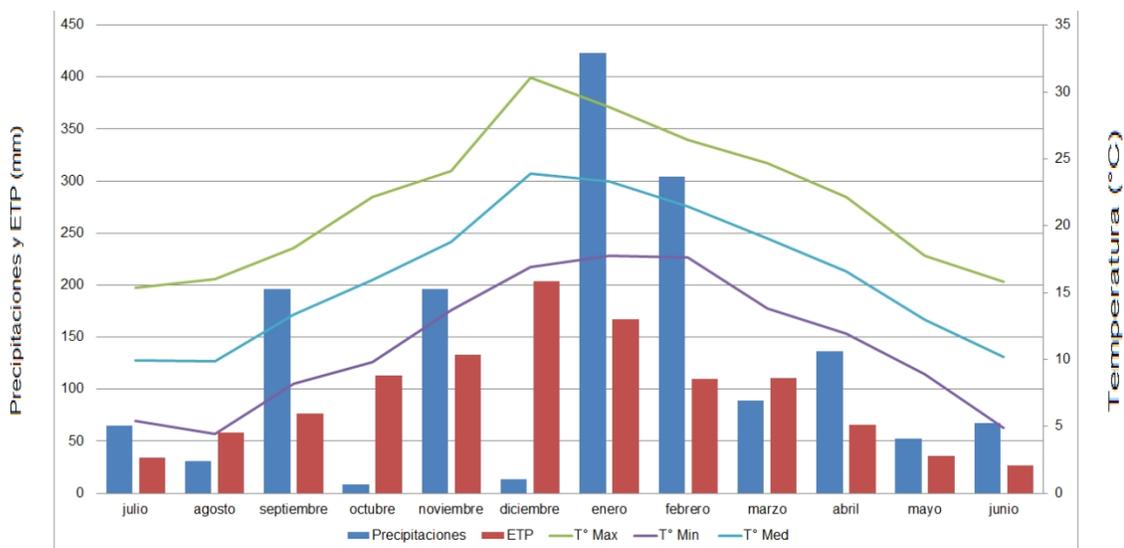
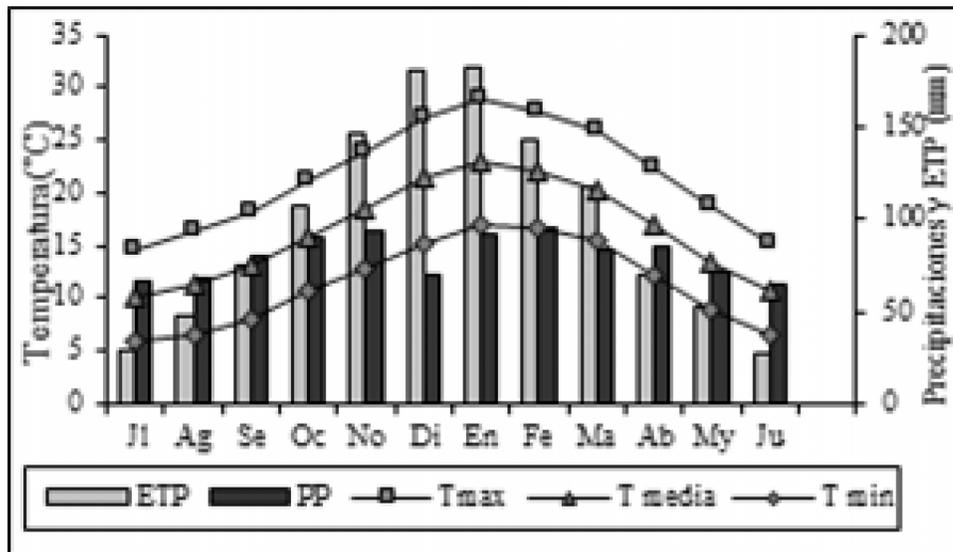


Figura No. 34 Climograma año 2013/2014



Fuente: Ferrer et al. (2011a)

Figura No. 35 Climograma histórico

5. DISCUSIÓN

Según el parámetro de evaluación utilizado, se pudo identificar dos o tres situaciones de vigor. De acuerdo a lo establecido por Carbonneau (1995), a partir de los valores obtenidos de SFEP se identificaron tres situaciones de vigor; bajo, medio y alto. Para el parámetro PMA, según los rangos establecidos por Smart y Robinson (1991), Aliquó et al. (2010), se identificaron dos situaciones de vigor; una dentro del rango óptimo (bajo y medio) y otra que sobrepasa el rango óptimo (alto).

Según surge del ACP, los vigores Medio y Bajo están asociados a las variables de calidad de la uva, así también lo mencionan, Carbonneau (1998), González-Neves et al. 2003, Santibáñez (2004), Cortell (2006), mientras que el vigor Alto lo hace con los parámetros de crecimiento vegetativo, de rendimiento y de podredumbre de los racimos, en acuerdo con Smart y Robinson (1991), Carbonneau (1995), Aliquó et al. (2010), Bramley et al. (2011).

Los parámetros del grupo 3 (PB, %PS, IR) no se correlacionan con ninguna situación de vigor, esto no coincide con lo comunicado por Jackson y Lombard (1993), Santibáñez (2004), Cortell (2006), Diago (2010). El componente de carga PB ($r=-0.1$; $p=0.58$) se encuentra más cercano al vigor bajo y opuesto al alto. Por otro lado, el %PS ($r=0.11$; $p=0.52$) e IR ($r=0.12$; $p=0.49$) tienen un comportamiento inverso al anterior; se encuentran más próximo al vigor alto que al bajo.

Los vectores de carga SFEP/REND y Temp, si bien, no se pudo establecer una correlación con el vigor ($r=-0.17$; $p=0.32$ - $r=-0.18$; $p=0.28$), están asociados a los vigores Medio y Bajo.

Las variables PB y %PP no se encuentran correlacionadas entre sí ($r=0.19$; $p=0.26$), esto no coincide con lo reportado por Ferrer et al. (2013). Por su parte Cortell (2006) afirma que el vigor Alto presenta mayor peso de baya (PB), por lo que se esperaría que existiera correlación entre estas variables, hecho que no sucedió. Una posible causa que pudo haber generado este resultado, fue la afección por podredumbre en los racimos como fue mencionado por Jackson y Lombard (1993).

A partir del análisis de cluster las situaciones de vigor Medio y Bajo en primera instancia se asocian entre sí, y por último el vigor Alto se junta con los anteriores, confirmando las relaciones de los parámetros con dichos vigores, en acuerdo con los resultados de Cortell (2006).

5.1 PRODUCCIÓN DE MADERA DEL AÑO

Las diferencias significativas en la producción de madera del año (PMA), confirman la existencia de tres situaciones de vigor ($r=0.4$; $p=0.02$), como así lo afirman Cortell (2006), Bramley et al. (2011). Así mismo se mantienen definidas las situaciones de vigor (Alto, Medio y Bajo) con respecto al año en que estos fueron definidos.

La situación de vigor Alto presenta un PMA medio de 0.77kg, el Medio de 0.56kg, y el Bajo de 0.45kg. Según los rangos definidos por Kliewer y Dokoozlian (2001), Aliquó et al. (2010) el vigor Medio y Bajo se encuentran dentro del rango óptimo, mientras que el Alto excede el máximo óptimo.

5.2 SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA POTENCIAL

La superficie foliar expuesta potencial (SFEp) fue estadísticamente diferente en las tres situaciones de vigor, el vigor Alto tuvo mayor SFEp como lo comunicado por Carbonneau (1995), seguido por el vigor Medio y por último el Bajo. Esto reafirma la existencia de tres situaciones de vigor ($r=0.54$; $p=5.90E-04$), y a este parámetro como buen estimador de las diferentes situaciones de vigor.

El vigor Bajo fue el único que se encontró dentro del rango óptimo definido por Carbonneau (1995), y el vigor Medio lo supera por 12%, estando muy próximo al límite máximo óptimo. El vigor que está más alejado de la máxima SFEp óptima es el Alto, que lo supera por 31%. Estas diferencias en SFEp analizadas en conjunto con el Point Quadrat (Smart y Robinson, 1991) permitiría definir a la canopia de vigor Alto como más densa, con una mayor superposición del follaje.

5.3 FERTILIDAD DE YEMA

La fertilidad de yema por rango (FY) obtenida en los tres niveles de vigor, no coincidió con los resultados obtenidos por Ferrer et al. (2004). Se asume que el protocolo de medición utilizado no fue el adecuado y esto indujo las diferencias encontradas.

5.4 NÚMERO DE RACIMOS POR PLANTA Y PRODUCCIÓN DE UVA

La producción de uva (REND) fue mayor en la situación de vigor Alto que en las situaciones de vigor Medio y Bajo, esto a su vez se corresponde con el número de racimos de cada situación de vigor, donde el Alto produjo mayor cantidad que las situaciones Medio y Bajo ($r=0.42$; $p=0.01$). Este parámetro es

considerado el determinante principal del rendimiento, esto concuerda con lo citado por McArtney y Ferree (1999), Bramley et al. (2011).

Otro parámetro que pudo haber influido en la producción de racimos, fue el número de sarmientos (NS), al igual que en el caso anterior el vigor Alto fue el que obtuvo mayor NS ($r=0.73$; $p=4.3E-07$), lo que generó la posibilidad de una mayor producción de racimos, y por ende influir en las diferencias estadísticas en el REND. La propia característica de vigor es determinante para el número de yemas que se dejan por planta. En general éste número aumentó con el vigor, lo que determina un mayor número de sarmientos y según varios autores con la fertilidad de yemas (Huglin, 1986).

5.5 SANIDAD O PODREDUMBRE DE RACIMOS

El vigor Alto presentó los parámetros relativos al vigor superiores: SFEp, capas de hojas, PMA, NS y productivos, factores que se correlacionan positivamente con la incidencia de podredumbre a nivel de racimo ($r=0.46$; $p=0.01$) como lo comunican Smart y Robinson (1991), Fermaud (2008). El número de capas de hojas fue de 3.75 capas, en tanto que el vigor Medio y Bajo presentaron 2.72 y 1.82 capas respectivamente. Según Jackson y Lombard (1993), este último factor genera modificaciones en la estructura de la canopia e influye directamente en el microclima de la misma (Ferrer et al., 2015).

A su vez en la época de maduración de la uva se generaron situaciones de temperatura y precipitaciones predisponentes para la proliferación de podredumbre como lo mencionan, Smart y Robinson (1991), Vaild y Marois (1991), Ferrer et al. (2011a), Barata et al. (2012).

5.6 PESO DE LA BAYA Y SU EVOLUCIÓN

En el análisis en global del peso de la baya (PB) y dentro de los rangos objetivos, no se encontraron diferencias entre las tres situaciones de vigor ($r=-0.1$; $p=0.58$), esto no concuerda con lo comunicado por Santibáñez (2004), Cortell (2006).

El análisis de su evolución muestra que al inicio del muestreo no hay diferencias estadísticas en el PB inicial y hasta el 11/02 los tres vigores presentan un aumento en el PB. En el caso del vigor Alto, dicho crecimiento tiene una mayor pendiente por lo que al 11/02 se diferencia estadísticamente del vigor Bajo en acuerdo con Santibáñez (2004), Cortell (2006). Este resultado puede ser consecuencia del mayor número de semillas que se registró en la situación de vigor Alto y que establece una correlación significativa y positiva

con el peso de la baya ($r=0.42$; $p= 0.01$). Esta respuesta está apoyada en el hecho que las semillas generan una mayor presión hormonal para el crecimiento del grano (Ferrer et al., 2008).

Luego del 11/02, en 10 días, se produce una caída abrupta en el PB del vigor Alto, desencadenada por la afección por podredumbre, en acuerdo a lo afirmado por Ferrer et al. (2011a). Esto genera que se tome la decisión de cosechar anticipadamente el vigor Alto, impidiendo seguir observando la tendencia en la evolución hasta el momento de cosecha tecnológica. Al momento de la cosecha, el único vigor que no manifestó una tendencia a la pérdida de peso fue el vigor Medio, por lo que sería la única situación que se estima, que de no cosecharse podría seguir aumentando su peso.

5.7 DURACIÓN DE DÍAS DE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS

Al comienzo de la brotación se registraron diferencias significativas entre todas las situaciones de vigor. El primero en brotar fue la situación de vigor Bajo, seguido del Medio y por último el Alto, esto pudo deberse al equilibrio fisiológico de las plantas mencionado por Smart y Robinson (1991). La temperatura interna de la canopia, no registró diferencias significativas entre las tres situaciones de vigor, por lo que este factor no influyó en la brotación, contradiciendo lo comunicado por Almanza y Balaguera (2009).

Al avanzar la temporada no se registran diferencias sobre los diferentes estados fenológicos, recién se producen al alcanzar en la uva el ratio 29.

En la medida que se realizó la cosecha tempranamente producto a la afección por podredumbre, se tomó de referencia el valor de Ratio 29 para comparar el estado fenológico el cual alcanzaron todas las situaciones de vigor. El vigor alto demoró más días (5 días respecto al Bajo y 3 al Medio) en alcanzar éste valor; esto se explica principalmente por la mayor acidez titulable que presentó éste vigor desde el inicio de la maduración y que se extendió hasta la cosecha, como lo indicado por Orriols (2006). Otros elementos a tener en cuenta en este resultado, fueron la afección por podredumbre, que de acuerdo con Ferrer et al. (2011a), influye en la cinética de la maduración, así como el efecto de sombreado, superior en la canopia, mencionado por Kliewer y Dokoozlian (2001), Keller (2007).

La duración y/o desarrollo de cada estado fenológico no coincidieron con los citados por Smart y Robinson (1991), Van Leeuwen et al. (2008). Las causas de estas discrepancias podrían ser entre otras, la variabilidad de las zonas de plantación, la climática, la disponibilidad hídrica, las variedades de vid, la fecha de poda, etc.

5.8 EQUILIBRIO FISIOLÓGICO DE LA PLANTA

A partir de los parámetros de respuesta de la planta, se puede inferir el equilibrio fisiológico. Así al analizar la relación entre la producción de madera del año y el rendimiento expresado a través de los valores del índice de Raváz ($r=0.12$; $p=0.49$) y de la relación superficie foliar expuesta potencial/producción de uva ($r=-0.17$; $p=0.32$), la situación de vigor Medio se encuentra en equilibrio productivo, ya que los vigores Alto y Bajo superan los rangos óptimo para esta variedad citado por Di Lorenzo (1992), Carbonneau (1995), Ferrer et al. (1997).

La situación de vigor Alto fue la que se encontró desequilibrada fisiológicamente, ya que está muy por debajo de los límites indicados como óptimos. La consecuencia de este desequilibrio fue de un menor potencial de maduración, así lo menciona el IFV (Instituto Francés de la Viña y el Vino). Otro indicador de la situación de mayor desequilibrio fue la capacidad de producir materia seca. El vigor Alto tuvo una mayor capacidad de producción ($r=0.44$; $p=0.01$), y superó en 30% el teórico esperado según Kliewer y Dokoozlian (2001), siendo éste el que tuvo mayor diferencia a lo citado.

5.9 COMPOSICIÓN DE LA UVA

5.9.1 Azúcares y su evolución

El contenido de Azúcares (SS) en cosecha, fue insuficiente para la elaboración de vinos de calidad preferente en las tres situaciones de vigor, según INAVI requiere un grado alcohólico mínimo de 10.5% en volumen, que equivale a una concentración de 190 g/L de azúcares.

En las tres situaciones de vigor no se registraron diferencias en la evolución de SS, resultado que no es coincidente con lo comunicado por Santibáñez (2004), Cortell (2006), Bramley et al. (2011). Dentro de cada vigor, la evolución de los SS se produce hasta el día 21/02/2014. En esa fecha, como consecuencia de la sanidad se cosechó el vigor Alto y en las situaciones de vigor Medio y Bajo se continuó con la evolución de SS, siendo dichas diferencias no significativas. Las condiciones climáticas del año, las precipitaciones registradas en el mes de febrero y la afección por podredumbre en las tres situaciones de vigor, en concordancia con Ferrer et al. (2011a), puede ser la principal causa de la detención de la acumulación de azúcares.

5.9.2 pH y su evolución

El nivel de pH en cosecha para en los vigores Medio y Bajo fueron similares a los obtenidos por González Neves et al. (2006), mientras que el vigor Alto fue el que presentó el menor pH ($r=-0.41$; $p=0.01$), no alcanzando los valores de dicho autor. Si bien estos resultados concuerdan con lo citado por Santibáñez (2004), Cortell (2006), se recuerda que, en nuestro ensayo, esto sucedió porque el vigor Alto se cosechó 12 días antes que el resto de los vigores por problemas sanitarios. En el caso de los vigores Medio y Bajo, no se alcanzó el pH óptimo debido al lento metabolismo de las bayas, probablemente influenciado negativamente por las condiciones del clima.

5.9.3 Acidez titulable y su evolución

El contenido de acidez titulable (H^+), siempre fue mayor en el nivel de vigor Alto respecto a los niveles Medio y Bajo ($r=0.58$; $p=1.80E-04$), en acuerdo a lo indicado por Santibáñez (2004), Cortell (2006), Bramley et al. (2011).

El nivel de vigor Alto presenta la mayor SFEp, y el mayor número de capas de hojas, por lo que se conjetura que sintetiza mayor cantidad de ácido málico y se produce un menor consumo debido al sombreado según Orriols (2006), Keller (2007), Martínez de Toda (2011). El efecto de la cosecha anticipada provoca que haya menos tiempo para la degradación de los ácidos. Estas condiciones generan que la situación de vigor Alto tenga un mayor contenido final de H^+ .

A sí mismo, los vigores Medio y Bajo, desde la fecha 11/02/2014 no se produjo un descenso de la H^+ , esto como en el vigor Alto, es producto de las condiciones climáticas del año.

5.9.4 Ratio y su evolución

El ratio alcanzado en cosecha fue mayor en las situaciones de vigor Medio y Bajo ($r=-0.55$; $p=5.70E-04$), pero al igual que en las anteriores evoluciones fue inferior a un valor óptimo. Esto fue consecuencia los factores que se relacionan en el cálculo del ratio (azúcares y acidez titulable).

5.9.5 Antocianos ApH1 y ApH3.2 en cosecha

Las tres situaciones de vigor fueron afectadas por igual frente a las condiciones climáticas adversas (exceso de precipitaciones y elevadas temperaturas), como lo citan Mori et al. (2007), González-Neves et al. (2010). El vigor Alto fue el que sintetizó menor cantidad de antocianos potenciales y

extraíbles, en acuerdo a lo citado por Bramley et al. (2011), esto fue generado por el mayor sombreado que presentaron las bayas del vigor Alto en comparación a los vigores Medio y Bajo (Diago, 2010).

5.10 COMPONENTES DE LA BAYA

En las tres situaciones de vigor, el componente porcentaje peso de pulpa (%PP), fue el que más aportó al peso de la baya (PB), tal como lo menciona Ferrer et al. (2013), mientras que, el %PP no dependió únicamente del %PS, tal cual lo indica Ferrer et al. (2013), ya que el vigor Alto fue el obtuvo mayor %PS, pero menor %PP, siendo la afección por podredumbre fue un factor que pudo haber influido (Roby y Matthews, 2004).

5.11 TEMPERATURA MEDIA INTERNA DE LA CANOPIA

No se encontraron diferencias entre los vigores en la temperatura a nivel de la canopia, una posible causa de esto es la apreciación de los medidores de temperatura utilizados, que impidió detectar diferencias a distancias geográficas pequeñas. A su vez, solo se colocó un medidor por situación de vigor y cuadro, hecho que impidió obtener más de un registro por tratamiento y así poder realizar un análisis de regresión.

6. CONCLUSIONES

Se logró determinar dentro de un mismo cuadro la existencia de tres situaciones de vigor (ALTO, MEDIO y BAJO). Estas se correlacionan de diferente forma con los parámetros de calidad, rendimiento y equilibrio de la planta.

La situación de vigor ALTO, se correlacionó positivamente con los parámetros de crecimiento vegetativo, de rendimiento y sanidad (mayor porcentaje de uva afectada).

La situación de vigor BAJO se correlacionó positivamente con parámetros que expresan calidad de la uva.

La situación de vigor MEDIO fue la que se encontró en situación de equilibrio productivo, vegetativo y composición de la uva. Según el parámetro evaluado tiene un comportamiento similar al vigor BAJO tanto en producción como en indicadores de calidad, y en algunos casos diferente al resto de los vigos (ALTO y BAJO).

En términos generales, en función del producto, se pueden proponer dos enfoques para abordar esta situación.

Un enfoque en el que las prácticas agronómicas estarán dirigidas a homogeneizar el producto tanto en producción como en calidad, que llevaría al cuadro a una situación única y sencilla, dirigida al vigor MEDIO.

Una segunda opción, se centra en aprovechar esas diferencias de vigor que tendrán como consecuencia diferentes productos. En ésta hipótesis las prácticas agronómicas serán particulares según el vigor (tales como: la carga dejada en la poda, fertilización, la cosecha, el muestreo de uva, etc.). Esta cosecha diferenciada puede aportar un beneficio económico en la medida que tiene en cuenta la diferencia en el potencial enológico de la uva. En términos prácticos esto implica que de un mismo cuadro se pueden obtener distintas calidades y por lo tanto, múltiples distintos destinos enológicos de la uva.

7. RESUMEN

La viticultura de precisión es un modelo de producción que intenta obtener beneficios de las situaciones generadas naturalmente para la obtención de productos de calidad. Durante la temporada 2013-2014 se realizó un ensayo con el objetivo de analizar la respuesta agronómica y la composición de la uva de la variedad Tannat en diferentes situaciones de vigor. Este se desarrolló en un viñedo comercial ubicado en el departamento de Canelones, Uruguay. Los tratamientos se definieron a partir de aerofotografía tomadas en el año 2013 y posteriormente se verificaron los vigores con el peso de la madera del año de las plantas parceladas. Los vigores definidos fueron ALTO, MEDIO y BAJO. Las evaluaciones que se realizaron fueron de crecimiento vegetativo, componentes del rendimiento, respuesta de la planta, se caracterizó climáticamente el año. Se analizó composición de la uva en cosecha y su evolución a partir del estado 35 E-L (Eichorn y Lorenz). Se determinó que el vigor BAJO se encuentra asociado a parámetros de calidad, el ALTO a parámetros de rendimiento, vigor y sanidad, mientras que el vigor MEDIO lo hizo con parámetros de calidad y equilibrio fisiológico.

Palabras clave: Vigor; Viticultura de precisión; Tannat.

8. SUMMARY

Precision viticulture is a production model that tries to profit from the differences generated naturally in order to obtain better quality products. During the season of 2013-2014, an experiment was carried out with the aim of analyzing the agronomic response and grape composition in cv Tannat, in different vigour situations. This experiment was conducted in a commercial vineyard located in Canelones, Uruguay. The different vigours were defined using aerial photography taken in 2013 and subsequently checked with pruning weight. The vigours were defined as HIGH, MEDIUM and LOW. Evaluations were made on vegetative growth, yield components, plant response and climate characterization of the year. Grape composition was analyzed in harvest and its evolution starting in state 35 E-L (Eichorn Lorenz). It was determined that there is an association between the LOW vigour and quality parameters, whilst HIGH vigour has an association with yield, vigour parameters and sanitation. Meanwhile, the MEDIUM vigour was the one that showed being in physiological balance and associated with quality parameters.

Key words: Vigour; Precision viticulture, Tannat.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aliquó, G.; Catania, A.; Aguado, G. 2010. La poda de la vid. (en línea). Mendoza, INTA. 34 p. Consultado 09 may. 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/la-poda-de-la-vid/at_multi_download/file/1.%20La%20Poda%20de%20la%20Vid.pdf
2. Almanza-Merchán, P.; Balaguera-López, H. 2009. Determinación de los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinífera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*. 12(1):141-150.
3. Arnó Satorra, J. 2008. Variabilidad intraparcelsaria en viña y el uso de sensores láser en viticultura de precisión. Tesis Doctorado Ingeniero Agrónomo. Lleida, España. Universidad de Lleida. 262 p.
4. _____.; Martínez-Casanovas, J. A.; Ribes-Dasi, M.; Rosell, J. R. 2009. Review. Precision Viticulture; research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 7(4): 779-790.
5. Barata, A.; Malfeito-Ferreira, M.; Loureiro, V. 2012 The microbial ecology of wine grape berries. *International Journal of Food Microbiology*. 153: 243-259.
6. Bramley, R.; Pearse, B.; Chamberlain, P. 2003. Being profitable precisely; a case study of precision viticulture from Margaret River. *Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*. 476: 84–87.
7. _____.; Hamilton, R. 2004. Understanding variability in winegrape production systems. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 10: 32-45.
8. _____.; _____.; _____.; Proffitt, A.; Hinze, C. 2005. Generating benefits from precision viticulture through selective harvesting. *In: European Conference on Precision Agriculture (5th, 2005, Wageningen)*. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers. pp. 891-898.
9. _____.; Ouzman, J.; Boss, P. K. 2011. Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in

the chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 17: 217–229.

10. Carbonneau, A. 1995. La surface foliaire exposée; guide pour sa mesure. *Le Progrès Agricole et Viticole*. 9: 204-212.
11. _____. 1996. Interaction “Terroirs x Vigne”; facteurs de maîtrise du micro-environnement et de la physiologie de la plante en rapport avec le niveau de maturité et les éléments de typicité. *In*: Colloque International Les Terroirs Viticoles (1ème., 1996, Angers). Concept produit valorisation. Angers, France, s. e. pp. 147-153.
12. _____. 1998. Irrigation, vignoble et produits de la vigne. *In*: Tiercelin, J. R. ed. *Traité d’irrigation*. Paris, Lavoisier. 1011 p.
13. _____.; Deloire A.; Jaillard B. 2007. *La vigne; physiologie, terroir, culture*. Paris, Dunod. 442 p.
14. Castaño, J.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Montevideo, INIA. 34 p.
15. Champagnol, F. 1984. *Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale*. Montpellier, Champagnol. 351 p.
16. Coombre, 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.
17. Coniberti, A.; Disegna, E.; Ferrari, V. 2014. El balance del Tannat en el Uruguay; manual para la caracterización y el ajuste del manejo del viñedo. Montevideo, INIA. 44 p. (Serie Técnica no. 219).
18. Cortell, J. M. 2006. Influence of vine vigor and shading in Pinot noir (*Vitis vinífera* L.) on the concentration and composition of phenolic compounds in grapes and wine. Thesis Doctor of Philosophy in Food Science and Technology. Oregon, USA. Oregon State University. 310 p.
19. De La Fuente, M.; Linares, R.; Baeza, P.; Lissarrague, J. 2007. Efecto del sistema de conducción en climas semiáridos sobre la maduración, composición de la baya y la exposición de los racimos en *Vitis vinífera*

- (L.) cv. syrah. Revista Enología (Madrid). 4: 1-9. Consultado 02 abr. 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/233777165_efecto_del_sistema_de_conduccion_en_climas_semiaridos_sobre_la_maduracion_composicion_de_la_baya_y_la_exposicion_de_los_racimos_en_vitis_vinifera_l_cv_syrah
20. Diago, M. 2010. Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para el control del rendimiento productivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Efectos sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y del vino. Tesis Doctorado ingeniero Agrónomo. Logroño, España. Universidad de la Rioja. 328 p.
21. Di Lorenzo, R.; Sottile, I.; Occorso, G.; Barbagallo, M.; Iannolino, G. 1992. Osservazioni sulla fertilità delle gemme nella vite in Sicilia. In: Simposio Internazionale di Fisiologia Della Vite (6°, 1992, Torino). Documenti presentati. Torino, IT, s.e. pp. 123 - 128.
22. Di Rienzo J. A.; Casanoves F.; Balzarini M. G.; González L.; Tablada M.; Robledo C. W. 2014. InfoStat versión 2014. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. s.p. Consultado 05 ene. 2015. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
23. Downey, M.; Harvey, J.; Robinson, S. 2004. The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in shiraz grapes. Australian Journal of Grape and Wine Research. 10: 55-73.
24. Fermaud, M.; Valdés-Gómez, H.; Calonec, A.; Roundet, J.; Gary, C. 2008. A multivariate analysis of combined effects of (micro)climate, vegetative and reproductive growth on grey mould incidence in grapevine. Integrated Protection in Viticulture. 36: 91-94.
25. Ferraro Olmos, R. 1998. El viñedo uruguayo, sus variedades. Montevideo, Impal. 106 p.
26. Ferree, D. C.; McCartney, S. J. 1999. Root and cane pruning affect vegetative development, fruiting, and dry-matter accumulation of grapevines. HortScience. 34 (12): 617-621.

27. Ferrer, M.; González-Neves, G.; Burgueño, J.; Gabard, Z.; Camussi, G. 1997. Influencia de la intensidad de la poda y el raleo de racimos sobre la relación fuente fosa en *Vitis vinífera* L. Cv. Tannat. In: Congrès Mondial de la Vigne et du Vin (22ème., 1997, Buenos Aires, AR). Actas. Buenos Aires, Argentina, s.e. s.p.
28. _____.; _____.; Abella, J.; Sibielle, I.; Camussi, G. 2004. Determination of bud fertility as a simple method for the determination of harvesting volume in *Vitis vinífera* L. cv Tannat, using two pruning systems. Journal International des sciences de la Vigne et du Vin. 38(1): 49-53.
29. _____.; _____.; Priore, E.; Montaña, A.; Carbonneau, A. 2008. Los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinífera* L. cv Merlot en función de la arquitectura de la planta. Agrociencia (Montevideo). 12 (1): 6-9.
30. _____.; _____.; Camussi, G.; Echeverría, G.; Avondet, R.; Salvarrey, J.; Favre, G.; Fourmente, M. 2011a. Comportamiento agronómico y potencial enológico de la uva Tannat en tres regiones climáticas uruguayas. Agrociencia (Montevideo). 15(1): 37-49.
31. _____.; _____.; _____.; _____.; Carbonneau, A. 2011b. Variety, plant architecture and pruning methods; influence on grey mould of grapevine. Progés Agricole et Viticole. 128 (18): 367-371.
32. _____.; Echeverría, G.; Carbonneau, A. 2013. Effect of Berry weight and its components on the contents of sugars and anthocyanins of three varieties of *Vitisvinifera* L. under different water supply conditions. South African Society for Enology and Viticulture. 35 (1): 103-113.
33. _____.; _____.; González-Neves, G. 2015. Influence of the microclimate defined by the training system on the vineyard behaviour and the oenological quality of merlot grapes. International Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 2(4): 95-108.
34. Girona J.; Marsal, J.; Mata, M.; Del Campo, J.; Basile, B. 2009. Phenological sensitivity of Berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitisvinifera*L.) to water stress. Australian Journal of Grape and Wine Research. 15: 268-277.

35. Glories, M.; Agustin, M. 1995. Procédure 'journée technique. In: Conseil Inter Professionnel du Vin de Bordeaux (3ème., 1995, Bordeaux, France). Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques; application aux millésimes 1991 et 1992. Bordeaux, France, s.e. pp. 56-61.
36. González-Neves, Ferrer, M. Carbonneau, A. Moutounet, M. 2003. Adaptación de la vinificación en tinto en función del potencial polifenólico de las uvas. Experiencias realizadas en la vendimia 2001. Agrociencia (Montevideo). 7(1): 59-67.
37. _____.; Charamelo, D.; Balado, J.; Barreiro, L.; Bochicchio, R.; Gatto, G.; Gil, G.; Tessore, A.; Carbonneau, A.; Moutounet, M. 2004. Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. Analytica Chimica Acta. 513 (1): 191-196.
38. _____. 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. Thèse de Doctorat en Ingénierie Agricole. Montpellier, Francia. Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Montpellier. 279 p.
39. _____.; Gil, G.; Barreiro, L.; Ferrer, M.; Franco, J. 2006. Composición fenólica de las uvas de las principales variedades tintas de *Vitis vinifera* cultivadas en Uruguay. Agrociencia (Montevideo). 10(2): 1-14.
40. _____.; Ferrer, M.; Gil, G.; Charamelo, D.; Balado, J.; Barreiro, L.; Bochicchio, R.; Gatto, G.; Tessore, A. 2010. Estudio plurianual del potencial polifenólico de uvas Tannat en el sur de Uruguay. Agrociencia (Montevideo). 14 (2): 10-21
41. Hidalgo, L. 2003. Poda de la vid. 6ª. ed. Madrid, ES, Mundi-Prensa. 281 p.
42. Huglin, P. 1986. Biologie et ecologie de la vigne. Lausanne, Payot. 370 p.
43. INAVI (Instituto Nacional de Vitivinicultura, UY). 2014. Estadísticas 2014. Montevideo. 79 p.
44. _____. 2015. Datos nacionales 2014. Montevideo. 5 p.

45. INRA (Institute Nationale de Recherches Agronomiques, FR). 2015. Fiche variétale. Montpellier. 4 p.
46. INUMET (Instituto Nacional de Meteorología, UY). 2015. Características estacionales del clima. (en línea) Montevideo. s.p. Consultado 08 ago. 2015. Disponible en <http://www.meteorologia.com.uy/ServCli/caracteristicasEstacionales>
47. Jackson, D.; Lombard, P. 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality; a review. *American Journal of Enology and Viticulture*. 44: 409-430.
48. Jones, G. 2013. Winegrape phenology. In: Schwartz, M. ed. *Phenology; an integrative environmental science*. Milwaukee, University of Wisconsin. pp. 563-584.
49. Keller, M. 2007. *Grapevine anatomy and physiology*. 3rd. ed. Washington, D. C., Washington State University. 202 p.
50. Kliewer, W.; Dokoozlian, N. 2001. Leaf area / crop weight ratios of grapevines; influences on fruit composition and wine quality. In: Annual Meeting of the American Society for Enology and Viticulture (2001, Seattle, USA). Proceedings. Seattle, USA, s.e. pp. 285-295.
51. Kodur, S. 2001. Effects of juice pH and potassium on juice and wine quality, and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (*Vitis*); a short review. *Vitis*. 50(1):1-6.
52. Lissarrague, J. R. 2011. Algunos factores que condicionan la formación de racimos y de flores en la vid. *Mercados del Vino y la Distribución*. 66 (15): 28
53. McArtney, S. J.; Ferree, D. C. 1999. Root and anepruning affect vegetative development, fruiting, and dry-matter accumulation of grapevines. *Hortscience*. 34(4): 617-621.
54. Marchevsky, P. 2005. Viticultura de precisión. (en línea). *Acenología*. Revista de Enología Científica y Profesional. no. 143: s.p. Consultado 09 may. 2015. Disponible en <http://www.acenologia.com/dossier73.htm>
55. Martínez-Casanovas, J. A.; Arnó, J. 2014a. Viticultura de precisión; de dónde venimos y hacia dónde vamos. (en línea) *Acenología*. Revista de Enología Científica y Profesional. no. 143: s.p. Consultado 09 may.

2015. Disponible en http://www.acenologia.com/dossier/dossier143_0614.htm.
- 56._____.; _____. 2014b. Zonificación de la calidad en viticultura de precisión; aciertos y dificultades de la vendimia selectiva. (en línea) Acenología. Revista de Enología Científica y Profesional. no. 143: s.p. Consultado 09 may. 2015. Disponible en http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/viticultura_precision_aciertos_y_dificultades_vendimia_selectiva_cienc0614.htm
- 57.Martínez de Toda, F. 2011. Claves de la viticultura de calidad, nuevas técnicas de estimación y control de la calidad de la uva en el viñedo. 2a. ed. revisada y ampliada. Madrid, Mundi-Prensa. 265 p.
- 58.Matocq, G. L. 2004. Evaluación de diferentes alternativas de control de rendimiento en *Vitis vinífera*Cv. Syrah. Tesis Maestría Ingeniero Agrónomo. San Juan, Argentina. Universidad Nacional de Cuyo. 102 p.
- 59.Mori, K.; Goto-Yamamoto, N.; Kitayama, M.; Hashizume, K. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. Journal of Experimental Botany. 58(8): 1935-1945.
- 60.OIV (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin). 2009. Description des cepages du monde. 2a. ed. París, s.e. 560 p.
- 61.Orriols, I. 2006. Curso de viticultura y enología. (en línea). Santiago de Compostela, Estación de Viticultura e Enología de Galicia. 38 p. Consultado 29 may. 2015. Disponible en http://www.medioruralemear.xunta.es/fileadmin/archivos/investigacion/transferencia_tecnologica/maduracion.pdf
- 62.Otaño Luna, C. 2014. Experiencias y actualidad de la agricultura de precisión en Uruguay. In: Curso Internacional de Agricultura de precisión y Expo de Máquinas Precisas (13^a, 2014, Manfredi, AR). Textos. Manfredi, Córdoba, AR, INTA. pp. 1-36.
- 63.Piña, S.; Bautista, D. 2006. Evaluación del crecimiento vegetativo de cultivares de vid para mesa bajo condiciones de trópico semiárido de Venezuela. Revista Facultad Agronomía (LUZ). 23: 405-416.

64. Proffitt, T.; Pearse, B. 2004. Adding value to the wine business precisely; using precision viticulture technology in Margaret River. Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker. 491: 40-44
65. _____.; Malcom, A. 2005. Zonal vineyard management through airborne remote sensing. Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker. 502 : 22-27
66. Reynolds, A. 2010. Managing wine quality; viticulture and wine quality. Cambridge, UK, Woodhead. v.1, 5889 p.
67. Ribereau-Gayon, P.; Stonestreet, E. 1965. Le dosage des anthocyanes dans le vins rouges. Bulletin de la Société Chimique de France. 9: 2649.
68. Roby, G.; Matthews, M. 2004. Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. Australian Journal of Grape and Wine Research. 10: 74-82.
69. Santibañez Arellano, M. P. 2004. Efectos del crecimiento vegetativo y la carga frutal en la variedad Cabernet Sauvignon. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 46 p.
70. Smart, R. E.; Robinson, M. 1991. Sunlight into the wine; a handbook for winegrape canopy management. Adelaide, Winetitles. 88 p.
71. Spayd, S.; Tarara, J.; Mee, D.; Ferguson, J. 2002. Separation of Sunlight and Temperature Effects on the Composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot Berries. American Journal of Enology and Viticulture. 53(3): 171-182.
72. Torres P. 1993. Etude de quelques techniques en vue de maîtriser le rendement de la vigne. Le Progres Agricole et Viticole. 9: 199-204.
73. Urretavizcaya, I.; Santesteban, L. G.; Tisseyre B.; Guillaume S.; Miranda C.; Royo J.B. 2014. O enological significance of vineyard management zones delineated using early grape sampling. Precision Agriculture. 15: 111-29.
74. Vail, M. E.; Marois, J. J. 1991. Grape cluster architecture and the susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. Phytopathology. 18: 188-191.

75. Van Leeuwen, C.; Garnier, C.; Agut, C.; Baculat, B.; Barbeau, G.; Besnard, E.; Bois, B.; Boursiquot, J-M.; Chuine, I.; Dessup, T.; Dufourcq, T.; Garciacortazar, I.; Marguerit, E.; Monamy, C; Koundouras, S.; Payan, J-C.; Parker, A.; Renouf, V.; Rodriguez-Lovelle, B.; Roby, J-P.; Tonietto, J.; Trambouze, W. 2008. Heat requirements for grapevine varieties is essential information to adapt plant material in a changing climate. *climate*. In: Congrès International des Terroirs (7ème, 2008, Soave). Proceedings. Soave, IT, Agroscope Changins-Wädenswil Research. p. 6.
76. Vargas Herrera, D.; Almanza-Merchán, P.; Camacho, M. 2013. Comportamiento fenológico de la vid (*Vitis vinífera* L.) cv Cabernet Sauvignon en Sutamarchán – Boyacá. *Cultura Científica*. no.11: 8 – 18.
77. Vasconcelos, M.; Greven, M.; Winefield, C.; Trought, M.; Raw, V. 2009. The flowering process of *Vitis vinífera*; a review. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60(4): 411-434.
78. Zufferey, V.; Murisier, F. 2005. Leaf to fruit ratio and photosynthetic capacity of foliage in grapevines (cv.Chasselas). In: GESCO (14th., 2005, Greisenheim, DE). Proceedings. Greisenheim, s.e. pp. 559-566.