

VINOS DE ALTURA DEL NOROESTE ARGENTINO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y SENSORIALES

Rubén Barroso¹, Héctor Carbajal¹, Hugo Ortiz², Mario Malaniuk², Hervé Quenol³, Marcelo Murgu², Carolina Coria², Rodolfo Videla², Sebastián Prieto², Humberto Manzano² y Carla Aruani^{2*}

(1) Delegación Cafayate, Instituto Nacional De Vitivinicultura

(2) Departamento de Estudios Enológicos y Sensoriales, Subgerencia de Investigación para la Fiscalización, INV

(3) Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia

En colaboración con: Departamento Normas Analíticas Especiales, Subgerencia de Investigación para la Fiscalización
Laboratorio General, Subgerencia de Normalización y Fiscalización Analítica

Instituto Nacional de Vitivinicultura

carla_aruani@inv.gov.ar*

RESUMEN

Se evaluaron 168 vinos experimentales, variedades Malbec, Cabernet Sauvignon, Syrah, y Tannat, de las cosechas 2014, 2015, y 2016, correspondientes a 24 viñedos de altura de las provincias de Salta y Jujuy, ubicados a altitudes desde 1575 hasta 2756 m.s.n.m. Los vinos fueron supeditados a análisis físico-químicos y sensoriales. Los datos físico químicos fueron analizados a través de ANOVA y Regresión Lineal Simple. Las similitudes y diferencias estadísticas de los datos sensoriales fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANOVA), comparación múltiple de medias a través del test de Fisher (LSD), y análisis de componentes principales (PCA). Cada viñedo contó con un sensor de temperatura a través de los cuales se recopilaron datos a lo largo de todo el ciclo de la vid (años 2013 a 2015). Las temperaturas se utilizaron para la determinación de índices bioclimáticos de Winkler, Huglin e Índice de Noches Frescas. Los resultados indicarían una marcada influencia de las temperaturas y altitud en las variables del vino, principalmente las relacionadas al color y demás características sensoriales ($P < 0.001$, 0.01 y 0.05), mostrando diferencias significativas entre los vinos de una misma variedad, provenientes de viñedos ubicados en distintas zonas vitícolas de características topográficas y de altitud diferentes.

1- INTRODUCCIÓN

Existen numerosos estudios científicos que confirman la existencia de cambios fisiológicos, bioquímicos y morfológicos ocurridos en la planta de vid expuesta a determinadas condiciones ambientales, propias de la mayoría de los viñedos de altura (Fregoni 1979; Iacono 1993; Costacurta, 1988; Spayd *et al.* 2002; Rapcha 2004; Fonteneau 2005; Shi 2006; Keller 2010; Berli 2010) [1-9]. Ambientes elevados presentan características particulares respecto a variables ambientales -temperatura, intensidad y calidad de radiación solar, disponibilidad de oxígeno y anhídrido carbónico, presión atmosférica, presencia y velocidad de vientos, patrones de precipitaciones, amplitud térmica, entre otros. A su vez, estos factores influyen directa e indirectamente en el comportamiento de la vid. Estudios recientes focalizaron sus investigaciones en la conductancia estomática, la tasa fotosintética y respiratoria, la síntesis de color, de nitrógeno a nivel foliar y de compuestos antioxidantes, temas concernientes a los distintos mecanismos de defensa de la planta de vid bajo ambientes más adversos (Keller 2010, Berli 2011, Baker 1998; Deis 2009) [8-11]. En Argentina existen zonas vitícolas situadas a alturas superiores a 1200 m.s.n.m. con límites extremos del orden de los

3000 msnm. Estas zonas vitivinícolas de altura cuentan con una carga histórica y cultural muy importante, siendo la viticultura uno de los ejes principales que las sostienen social y económicamente. Uno de los grandes desafíos de este tipo de vitivinicultura es el de reconocer la especificidad del origen de la uva y vinos de altitud en pos de la apertura de nichos de mercado nacionales e internacionales. Asimismo se cree necesario el fortalecimiento de estas zonas como vértices de articulación para el fomento del turismo vitivinícola, cuyos productos -no sólo vinos y uvas, sino también paisajes y cultura, se reconozcan como íconos de la vitivinicultura de altura.

En un gran número de estudios relacionados a la viticultura de altitud se reconoce el alto grado de heterogeneidad que presenta cada viñedo en particular. Sin embargo se hace necesario conocer aquellos *parámetros comunes* que influyen en ambientes más altos, y que aportan características diferenciales a sus productos regionales, como es el caso de los “vinos de altura”. En el contexto del cambio climático, el método de adaptación preconizado para el futuro es plantar la vid a mayores altitudes con el fin de tener condiciones climáticas más favorables para la viticultura.

2- OBJETIVOS DEL ENSAYO

El objetivo principal de este ensayo fue conocer las características de los vinos de altura con respecto a sus propiedades fisicoquímicas y perfiles sensoriales, como así también determinar a través de datos de temperaturas, los índices bioclimáticos de las zonas bajo estudio, con el objeto de caracterizar los viñedos con respecto al mesoclima de la zona.

3- MATERIAL Y MÉTODOS

3.1- VIÑEDOS

Muestreo, identificación, y georreferenciación de plantas de vid

Se trabajó sobre un total de 24 viñedos (21 correspondientes a la provincia de Salta, y 3 a la provincia de Jujuy) (Fig. 1). Una vez identificados, se procedió a la selección de las parcelas implantadas con las variedades en cuestión. Para representar mejor a la parcela bajo estudio, y a su vez de disponer de material suficiente para la realización de microvinificaciones, se procedió a la identificación de plantas de vid sobre las que año tras año se realizaron los estudios correspondientes (Fig. 1-B). Es por ello que se seleccionaron aquellas plantas que cumplieran con los siguientes requisitos: no menores de 7 años de edad, con buen estado sanitario, y conducidas en espaldero.

Metodología de muestreo: se llevó a cabo un proceso sistemático no aleatorio [12], en el cual se identificaron 6 hileras por paño y 5 plantas por hilera. Las mismas fueron identificadas mediante un recorrido en “zig-zag” a intervalos regulares (Fig. 1-C), obteniendo un total de 30 plantas por parcela. Las plantas fueron seleccionadas incluyendo recorrido “ida y vuelta” de hileras, de manera de realizar un muestreo representativo (Fig. 1-D).

3.2- VINOS

Se evaluaron un total de **168 vinos experimentales** correspondientes a las cosechas 2014, 2015, y 2016; de variedades Malbec (N=60), Cabernet Sauvignon (N=54), Syrah (N=24) y Tannat (N=30). Estos vinos pertenecen al **banco de datos de vinos de origen indudable** del Instituto Nacional de Vitivinicultura, cuya

vinificación estándar estuvo a cargo por profesionales de la Delegación Cafayate del Instituto Nacional de Vitivinicultura.

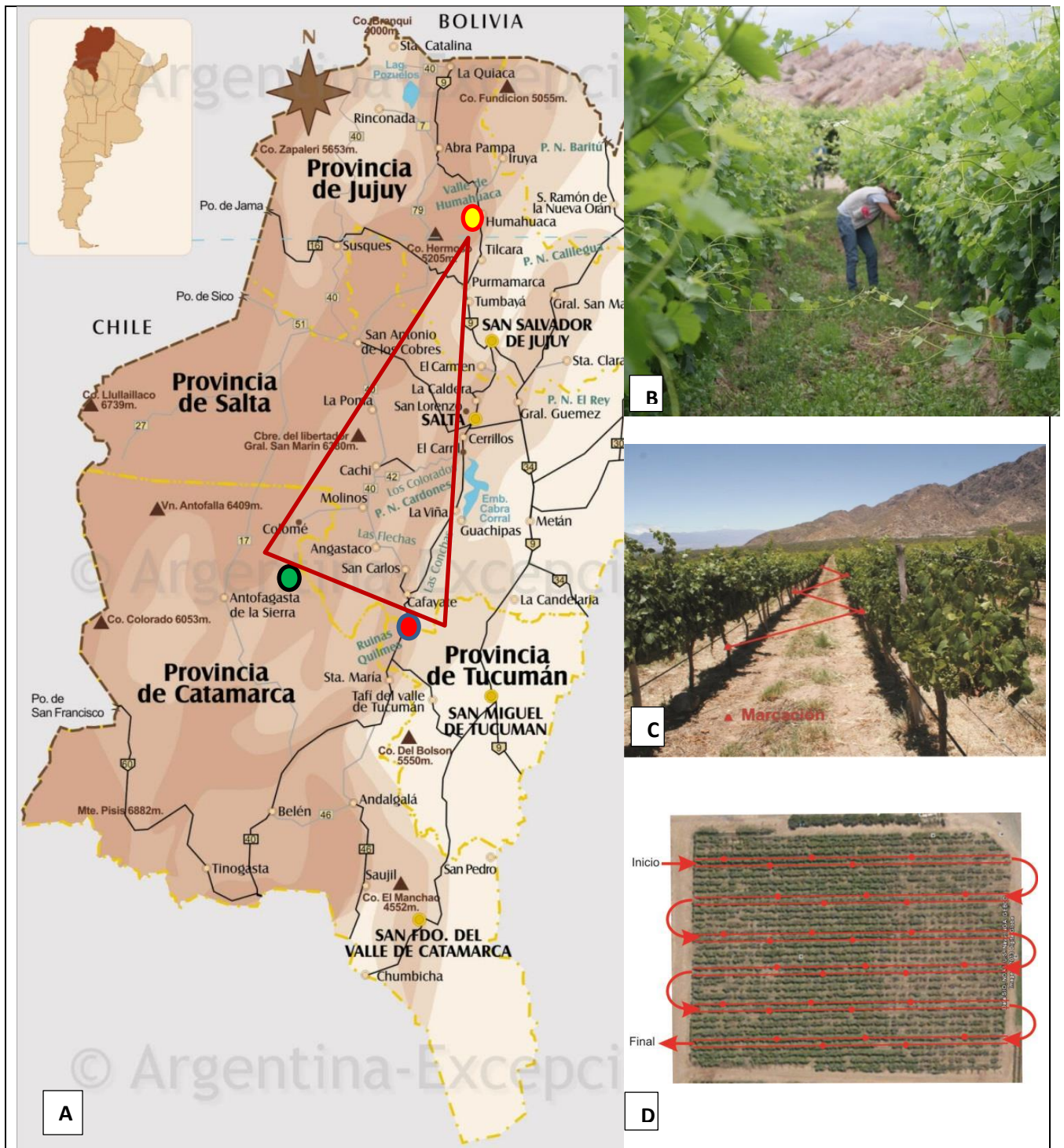


Fig. 1: Mapa del Noroeste argentino –zonas vitivinícolas de las provincias de Salta y Jujuy: al sur desde Tolombón (●) (Cafayate) ubicado a 26.2° de latitud Sur, hasta Humahuaca (●) (Jujuy) a 23.43° de latitud Sur; al oeste Tacuil 25.34° (●) (A); Muestreo de plantas *in situ* (B a D).

3.3- SENSORES DE TEMPERATURA

Un total de 25 sensores de temperatura, marca Dataloggers Tynitag, modelo Talk 2 [13], fueron instalados y georreferenciados en cada uno de los viñedos bajo estudio. Los mismos se ubicaron en una zona protegida dentro de la parcela y a la altura del último alambre del espaldero, de manera de facilitar su ubicación visual evitando así su pérdida accidental en época de poda y de cosecha (Figura 2).



Fig. 2: Instalación de sensor de temperatura en el viñedo (A) y bajada de datos (B).

Dichos sensores fueron proveídos por el Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia (CNRS), a cargo del Dr. Hervé Quenol, e instalados de manera conjunta por personal del INV. Temperaturas altas, medias y mínimas diarias se recopilaron diariamente cada 3 meses a través del software WeatherLink Vantage Pro2 [14].

3.4- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE VINOS

Se llevaron a cabo los correspondientes análisis de rutina y análisis especiales, en los cuales se midieron un total de 39 variables (Figura 3).

Determinación	Muestra					
	NAE 2833-1 Malbec 2015 bidon 22	NAE 2833-2 Malbec 2015 bidon 26	NAE 2833-3 Malbec 2015 bidon 27	NAE 2833-4 Malbec 2015 bidon 31	NAE 2833-5 Malbec 2015 bidon 32	NAE 2833-6 Malbec 2015 bidon 34
Antocianos						
Del-3-gluc	1,72	2,30	1,37	8,26	5,30	5,98
Ciani-3-gluc	0,04	0,04	0,04	0,18	0,07	0,16
Petu-3-gluc	5,04	5,43	4,35	12,89	9,45	10,88
Peo-3-gluc	1,25	1,72	0,80	3,46	1,86	3,41
Malvi-3-gluc	78,16	74,93	80,30	62,66	70,25	69,17
Peo-3-gluc-acetil	0,28	0,44	0,28	0,74	0,44	0,48
Malvi-3-gluc-acetil	7,46	9,17	8,62	7,84	8,94	6,24
Peo-3-gluc-cumaril	0,33	0,53	0,15	0,56	0,33	0,36
Malvi-3-gluc-cumaril	5,72	5,45	4,08	3,41	3,38	3,31
Relación Acetil/Cumaril	1,28	1,61	2,11	2,16	2,52	1,83
Resveratrol	0,60	0,23	0,26	0,39	0,25	0,44
Ácido shikímico	8,73	7,84	4,75	14,15	7,24	9,62
Abus						
420	0,396	0,429	0,400	0,898	0,620	0,7997
520	0,596	0,716	0,691	1,627	1,061	1,2952
620	0,143	0,166	0,182	0,400	0,263	0,3312
280	0,566	0,595	0,422	0,859	0,680	0,8843
IPT	57	60	42	86	68	88
IC	1492	1911	1886	4575	2874	3393
Intensidad	0,99	1,15	1,09	2,52	1,68	2,09
MATIZ	0,66	0,60	0,58	0,55	0,58	0,62
I Colorante	1,14	1,31	1,27	2,92	1,94	2,43
Varietal	CORRESPONDE	CORRESPONDE	CORRESPONDE	CORRESPONDE	CORRESPONDE	CORRESPONDE

CERTIFICADO DE ANÁLISIS	
IN Instituto Nacional de Vitivinicultura	I.N.V. Fecha: 18/01/2016
Bidon Nº 60 Syrah-Aym AÑO 2015 (05)	
Control	Analisis Origen: I.N.V.
Muestra N°	
De la partida de:	Orden y sello:
Tipo de envase:	
Perteneciente a:	
Domiciliado en:	
Comprobada la integridad de los elementos de seguridad, se procedió al análisis con los resultados que se detallan:	
Masa volúmica a 20°C g/ml	0,9963 Color
Alcohol % vol. a 20°C PO-DLG-DAV	13,0 Aroma
Alcohol % vol. A 15°C	Sabor
Alcohol total % v/v	Acido cítrico mg/l
Extracto seco g/l	Acido salicílico mg/l
Azúcares reductores g/l	Sodio mg/l
Azúcares totales en glucosa g/l	Sodio excedentario mg/l
Ac total en tartárico g/l PO-DCSNA-DAT	Sodio deficiente mg/l
Acidez volátil en acético g/l	Potasio mg/l
Acidez total meq/l	Estaño mg/l
Acidez volátil meq/l	Hierro mg/l
Glicerina g/l	Cobre mg/l
Sulfatos en 504K2 g/l	Plomo mg/l
Cloruros en Cl Na g/l	Cinc mg/l
Cenizas g/l	Arsenico mg/l
Materia colorante artificial ácida	Fluor mg/l
Reacción de ferrocianuro	Relas: Alúxist Seco Rest
Acido sórbico mg/l	Malvidina mg/l
Índice de color (I.C.)	Fosfatos (en P205) mg/l
Calcio en OCa g/l	Cadmio mg/l
Metanol ml/l	Sacarosa g/l
Metanol g/l	Valor Calórico Kcal/100 ml
Anhid. sulfuroso total mg/l	Presión de CO2
Anhidrido sulfuroso libre mg/l	46 NATAMICINA
Alcalinidad cenizas meq/l	18
Desviación polarimétrica	
pH	4,2
Observación microscópica	limpio
OBSERVACION	
De este dato se deduce que la muestra analizada es: Mulot, Lucas	

Fig.3: Análisis físico-químicos de 39 variables vnicas, tarea desarrollada especialistas del INV - Subgerencia de Investigación para la Fiscalización (Departamento Normas Analíticas Especiales) (A); Subgerencia de Normalización y Fiscalización Analítica (B).

3.5- METODOLOGÍAS SENSORIALES

3.5.1 - PANEL SENSORIAL

La evaluación sensorial de los vinos de altura se llevó a cabo con un panel de tipo **descriptivo interno**, conformado por siete degustadores expertos [15]. Los mismos fueron entrenados (35 sesiones de 2 horas/sesión) y calibrados (10 sesiones de 1 hora/sesión). El entrenamiento fue específico sobre varietalidad y desarrollo de acuidad sensorial, identificando y reconociendo intensidades de los atributos diferenciales de los vinos varietales incluidos en el presente estudio.



Fig. 4: Estadio de preparación de muestras: codificación de muestras de vinos (A); Estándares Olfativos de Referencia (EOR) de tipo naturales elaborados en el DEES-INV (B y C).

3.5.2- ANÁLISIS SENSORIAL

Las evaluaciones sensoriales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial perteneciente al Departamento de Estudios Enológicos y Sensoriales (DEES) del INV. Dicho laboratorio cumple con los requisitos de la norma IRAM 20003:95 (equivalente ISO 8589:2010) [16], y hoy cuenta con la acreditación del Organismo Argentino de Acreditación (OAA) de la norma ISO/IEC 17025:2005 [17]. Se trabajó bajo el marco de las Buenas Prácticas Sensoriales [18-21] (Fig. 4-A; Fig.5)).

3.5.2.1- ANÁLISIS DESCRIPTIVO CUALITATIVO

La descripción sensorial de los vinos bajo estudio se determinó a través de la descripción cualitativa de 4 vinos representativos por cada variedad (cada muestra de vino representado a cada rango de altitud) [18, 22, 23]. Esto se realizó con todas las variedades bajo estudio: Malbec, Cabernet Sauvignon, Syrah, y Tannat, corroborando la presencia de aquellos descriptores más representativos de cada variedad. Los panelistas sensoriales definieron aquellas variables presentes en los vinos de referencia, tarea que también incluyó la aclaración y consenso de la terminología utilizada. De cada varietal se definieron hasta 19 principales atributos: olfativos (12), visuales (3) y gustativos (4) (Tabla 1). Asimismo se utilizaron estándares olfativos de referencia para lograr una clara identificación y memorización de aromas presentes en los vinos [24], (Fig. 4 B y C).

Tabla 1: Principales descriptores percibidos en los vinos varietales correspondientes a distintos rangos de altitud del viñedo de procedencia (fase visual, olfativa, y gustativa).

	MALBEC	CABERNET SAUVIGNON	SYRAH	TANNAT
Fase visual	rojo	rojo	rojo	rojo
	violeta	violeta	violeta	violeta
	negro	negro	negro	negro
Fase olfativa	ciruela	ciruela	ciruela	ciruela
	frutos rojos -cereza	frutos rojos -cereza	frutos rojos	frutos rojos
	frutos negros	terroso	regaliz	regaliz
	vegetal	higo	higo	higo
	mora	mora	mora	mora
	cassís	pimiento verde	pimiento verde	violetas
	Balsámico -menta	Balsámico -eucaliptus	balsámico	balsámico
	frutos secos	frutos secos	frutos secos	mineral
	chocolate	chocolate	confitura	chocolate
	fruta deshidratada – uva pasa	fruta deshidratada	fruta deshidratada	fruta deshidratada
	floral -violetas	floral	frutilla	frutilla
	especias -pimentón	especias -pimienta	especias	especias
Fase gustativa	dulzor	dulzor	dulzor	dulzor
	amargor	amargor	amargor	amargor
	astringencia	astringencia	astringencia	astringencia
	acidez	acidez	acidez	acidez

3.5.2.2- ANÁLISIS DESCRIPTIVO CUANTITATIVO

La evaluación sensorial de determinación de intensidades *visuales*, *olfativas* y *gustativas* se llevó a cabo en el LAS del INV, durante un periodo de 42 sesiones de 2 horas cada una. El diseño experimental aplicado fue de *bloques completos al azar de muestras apareadas*, con 2 repeticiones, incluyendo un receso de 15 minutos entre evaluaciones. Las fases olfativas y gustativas se trabajaron bajo ambiente con luz roja con el objeto de evitar sesgos en la caracterización de los vinos (Fig.5).



Fig.5: Ejemplo de muestras en botellas codificadas, etiquetadas, y listas para ser servidas y analizadas (A). Panel descriptivo evaluando sensorialmente las muestras en el Laboratorio de Análisis Sensorial bajo condiciones de luz roja y demás variables ambientales controladas.

En cada evaluación se presentó un máximo de 5 muestras de vinos, cuyas copas fueron codificadas con un número aleatorio de tres dígitos [25], y servidas de forma idéntica en términos de instrumental (copa normalizada), volumen de producto por copa de ± 50 mL, temperatura de servicio de vinos entre 18 y 20°C, y resguardo de oxidación y pérdida de aromas con tapacopas [19]. A cada panelista sensorial se le entregó la correspondiente *ficha de consigna* con cada atributo acompañado de una escala de tipo no estructurada con límites en cada uno de sus extremos [18], (Figs. 6-7).

<p>Nombre y Nº de panelista: Fecha: Sesión: Repetición:</p> <p>Marcar sobre la línea la intensidad aromática que corresponda:</p> <p>Frutos Rojos</p> <p>Frutos Negros</p> <p>Mora</p> <p>Casis</p> <p>Vegetal</p>	<p>Balsámico</p> <p>Frutos Secos</p> <p>Chocolate</p> <p>Floral (Violetas)</p> <p>Fruta Deshidratada (pasas de ciruela, uva, higo)</p> <p>Espicias (pimienta, pimentón dulce, clavo de olor)</p> <p>Comentarios:</p>
--	--

Fig.6: Ficha de consigna de evaluación sensorial cuantitativa para la variedad Malbec, correspondiente a la fase olfativa (11 atributos).

<p>Nombre y Nº de panelista: Fecha: Sesión: Repetición:</p> <p>Marcar sobre la línea la intensidad de color que corresponda:</p> <p>Rojo</p> <p>Violeta</p> <p>Azul</p> <p>Negro</p> <p>Comentarios:</p>	<p>Nombre y Nº de panelista: Fecha: Sesión: Repetición:</p> <p>Marcar sobre la línea la intensidad de astringencia, amargor, dulzor y acidez</p> <p>Acidez</p> <p>Astringencia</p> <p>Amargor</p> <p>Dulzor</p> <p>Comentarios:</p>
--	---

Fig.7: Ficha de consigna de evaluación sensorial cuantitativa para la variedad Malbec, correspondiente a las fases visual y gustativa (4 y 4 atributos respectivamente).

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1- ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO –Análisis de tendencias en relación a la altura de los viñedos bajo estudio

Los vinos fueron analizados físico-químicamente en base a **39 variables**, entre ellas las correspondientes a los análisis de rutina –a cargo de la Subgerencia de Fiscalización y Normalización Analítica, y a determinaciones especiales, las cuales reúnen específicamente aspectos del color –a cargo del Departamento Normas Analíticas Especiales (Fig.3).

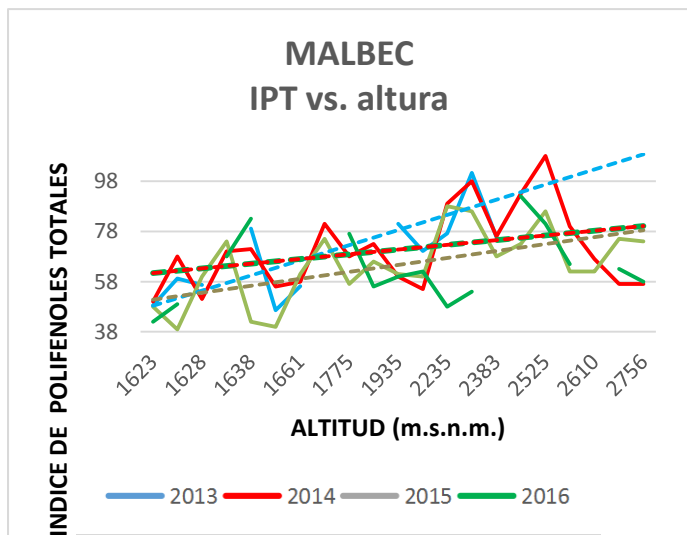


Fig.8: Índice de Polifenoles Totales de vinos Malbec correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1623 a 2756 msnm)

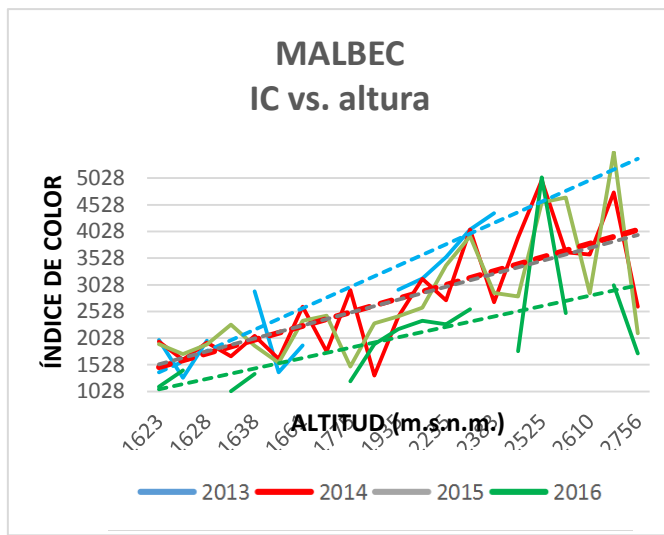


Fig.9: Índice de Color de vinos Malbec correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1623 a 2756 msnm)

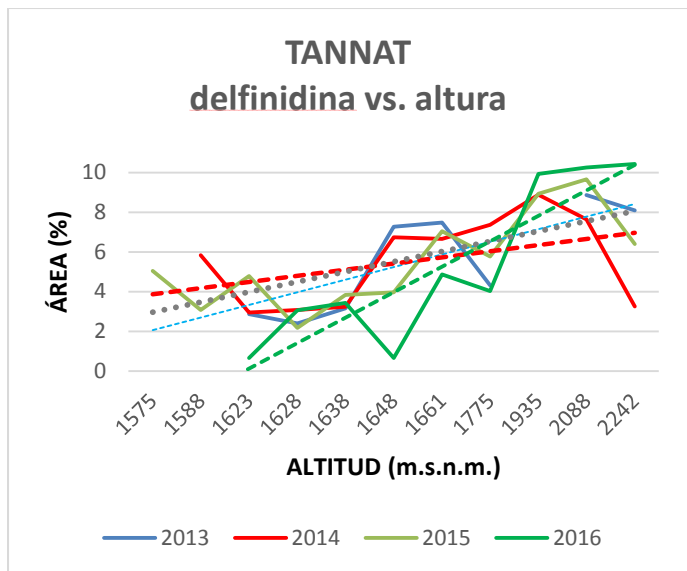


Fig.10: Contenido de delfinidina presente en vinos Tannat correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1575 a 2242 msnm)

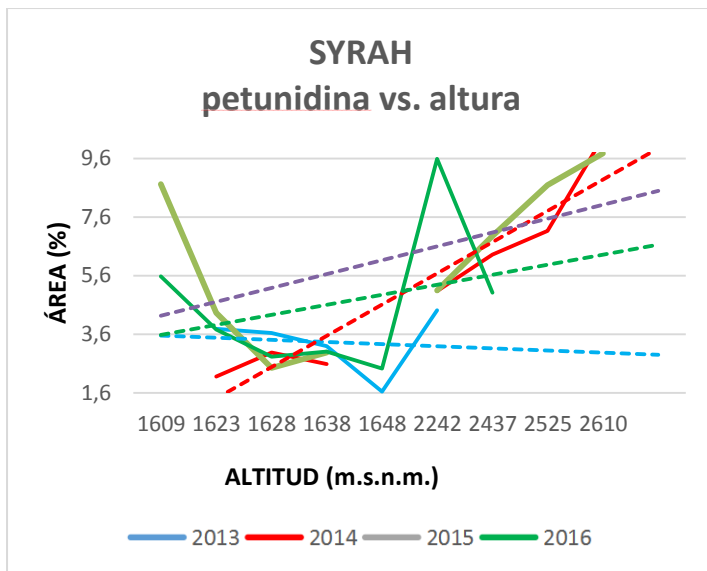


Fig.11: Contenido de petunidina presente en vinos Syrah correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1609 a 2610 msnm)

VARIEDAD	COSECHA	Valores F y R ²	IPT	IC	MATIZ	Delfinidina	Cianidina	Petunidina	Peonidina	Malvidina	Ác.Shikímico	Potasio
Cabernet Sauvignon	2014	F R ²	0.399 NS 0.047	0.647 NS 0.013	0.143 NS 0.128	<0.0001*** 0.675	0.087 NS 0.171	<0.0001*** 0.617	0.005 ** 0.395	0.086 NS 0.172	0.012 * 0.332	0.016 ** 0.308
	2015	F R ²	0.828 NS 0.003	0.004 ** 0.407	0.003 ** 0.429	0.002 ** 0.434	0.009 ** 0.415	0.005 ** 0.395	0.004 ** 0.407	0.021 * 0.288	0.009 ** 0.349	0.205 NS 0.098
	2016	F R ²	0.018 * 0.356	0.157 NS 0.147	0.411 NS 0.052	<0.0001*** 0.564	0.765 NS 0.007	0.005 ** 0.460	0.249 NS 0.100	0.117 NS 0.177	0.050 * 0.251	0.517 NS 0.032
Malbec	2014	F R ²	0.101 NS 0.135	<0.0001*** 0.590	0.271 NS 0.063	<0.0001*** 0.811	<0.0001*** 0.391	<0.0001*** 0.870	<0.0001*** 0.657	<0.0001*** 0.745	<0.0001*** 0.579	0.027 * 0.231
	2015	F R ²	0.005 ** 0.336	<0.0001*** 0.508	0.878 NS 0.001	<0.0001*** 0.865	<0.0001*** 0.383	<0.0001*** 0.869	<0.0001*** 0.470	<0.0001*** 0.651	0.004 ** 0.354	0.495 NS 0.024
	2016	F R ²	0.776 NS 0.005	0.0075 ** 0.410	0.094 NS 0.187	<0.0001*** 0.660	0.028 * 0.299	<0.0001*** 0.829	0.792 NS 0.005	0.004 ** 0.443	0.002 ** 0.482	0.288 NS 0.080
Syrah	2014	F R ²	0.827 NS 0.014	0.0087 ** 0.777	0.229 NS 0.272	0.450 NS 0.118	0.003 ** 0.836	0.002 ** 0.869	0.002 ** 0.869	0.720 NS 0.027	0.297 NS 0.212	0.236 NS 0.265
	2015	F R ²	0.362 NS 0.139	0.031 ** 0.566	0.179 NS 0.277	<0.0001*** 0.830	0.064 NS 0.459	<0.0001*** 0.878	0.045 * 0.514	0.943 NS 0.0009	0.024 * 0.600	0.981 NS 0.0001
	2016	F R ²	0.409 NS 0.139	0.525 NS 0.085	0.584 NS 0.447	0.428 NS 0.129	0.979 NS 0.0001	0.132 NS 0.392	0.630 NS 0.049	0.096 NS 0.455	0.032 * 0.634	0.550 NS 0.075
Tannat	2014	F R ²	0.482 NS 0.056	0.355 NS 0.095	0.665 NS 0.021	0.833 NS 0.0052	0.806 NS 0.007	0.475 NS 0.058	0.475 NS 0.058	0.929 NS 0.0009	0.775 NS 0.0095	0.721 NS 0.014
	2015	F R ²	0.600 NS 0.031	0.145 NS 0.219	0.170 NS 0.197	0.010 ** 0.478	0.071 NS 0.316	0.034 * 0.407	0.152 NS 0.213	0.050 * 0.354	0.184 NS 0.186	0.639 NS 0.025
	2016	F R ²	0.108 NS 0.326	0.050 * 0.415	0.962 NS 0.0003	<0.0001*** 0.829	0.004 ** 0.657	0.007 ** 0.612	0.579 NS 0.039	0.797 NS 0.008	0.002 ** 0.471	0.837 NS 0.005

Tabla 2: Valores de F y R² -niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, ***); y NS (No Significativo)

De las 39 variables medidas, sólo 10 presentaron tendencias de aumentos o disminuciones estadísticamente significativas con respecto a la altitud de los viñedos ($P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$) (Tabla 2). Estas 10 variables son las asociadas a los fenoles del vino, principalmente a sus características de color. Dichas tendencias fueron analizadas a través del análisis de Regresión Lineal Simple y ANOVA, utilizando la versión 2014 del software Xlstat [26]. La Tabla 2 resume los valores de R^2 –coeficiente de determinación y valores de F –estadístico del análisis de la varianza, ambos indicadores del porcentaje de variabilidad explicada y su significancia estadística. Como puede observarse en los gráficos (Figs. 8 a 13) y su significancia estadística, expresada en la Tabla 2, a medida que aumenta la altitud de los viñedos de procedencia de la uva, también existe un **incremento** en el *índice de polifenoles totales (IPT)* (Fig. 8), *índice de color (IC)*(Fig. 9), *2 de los 9 antocianos determinados (delfinidina y petunidina)*(Figs.10 a 12), y *ácido shikímico*. Las variables que mostraron **tendencias negativas** respecto a la altitud de los viñedos fueron el *matiz*, *pH*, *potasio*, y *la malvidina* y (Figs. 14 a 17).

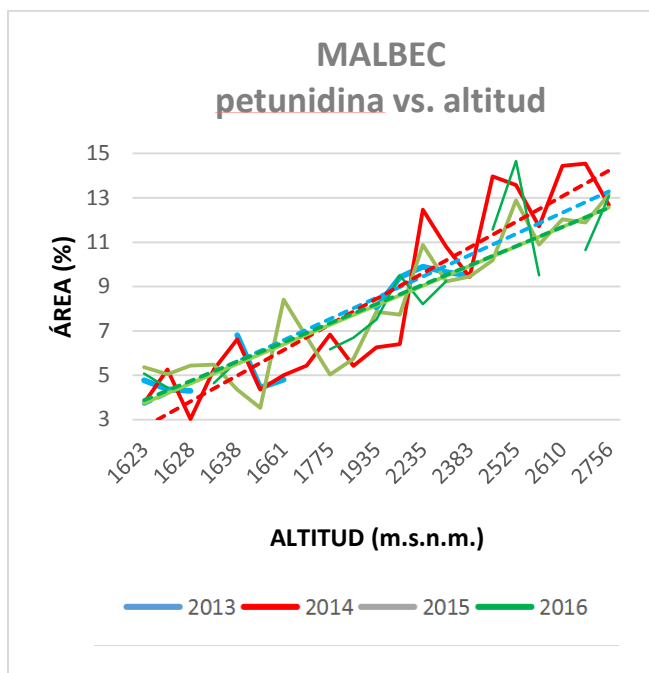


Fig.12: Contenido de **petunidina** presente en vinos Malbec correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1623 a 2756 msnm)

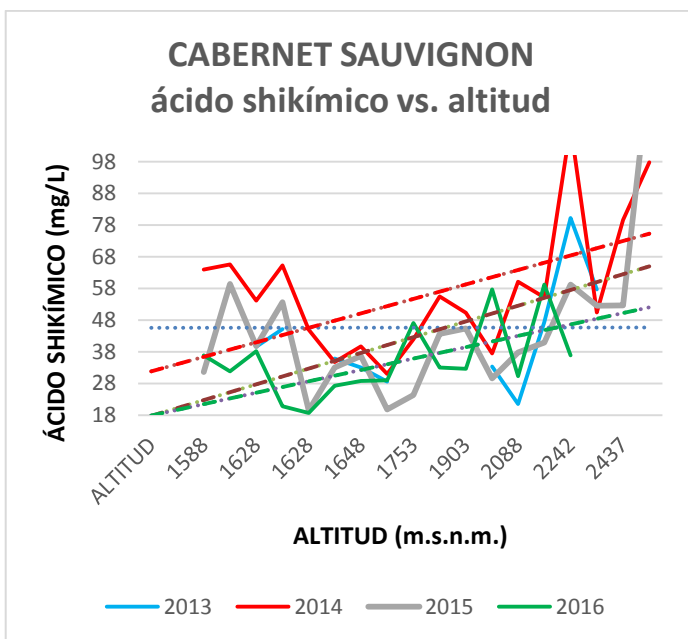


Fig.13: Contenido de **ácido shikímico** presente en vinos Cabernet Sauvignon correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1588 a 2437 msnm)

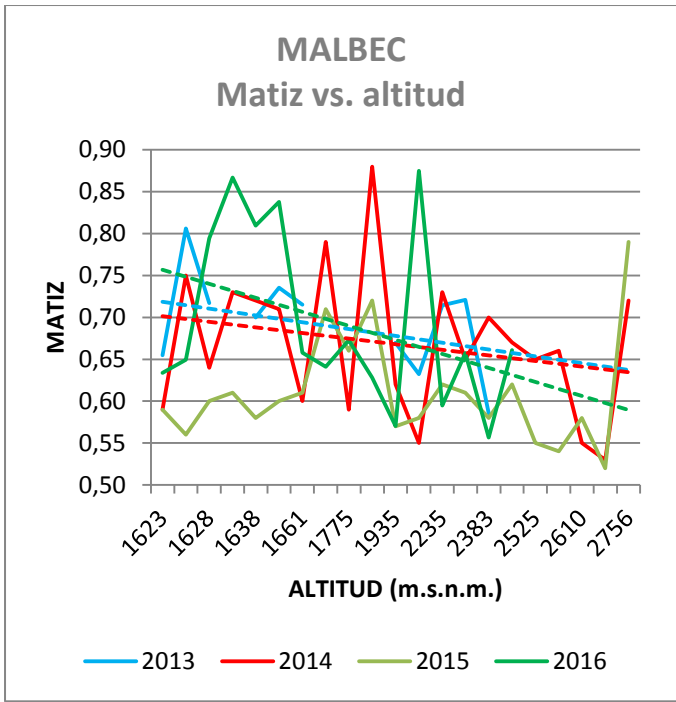


Fig.14: Matiz presente en vinos Malbec correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1623 a 2756 msnm)

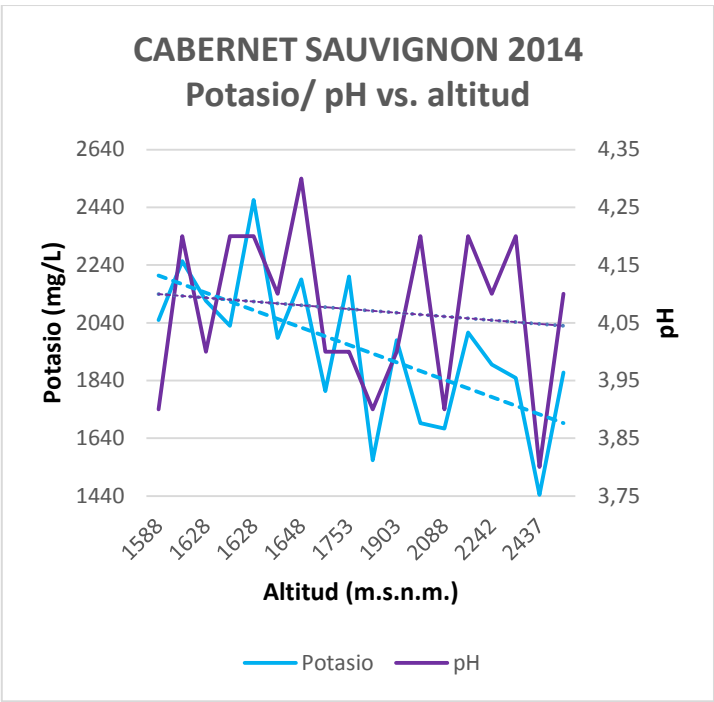


Fig.15: pH y contenido de potasio presente en vinos Cabernet Sauvignon correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1588 a 2437 msnm)

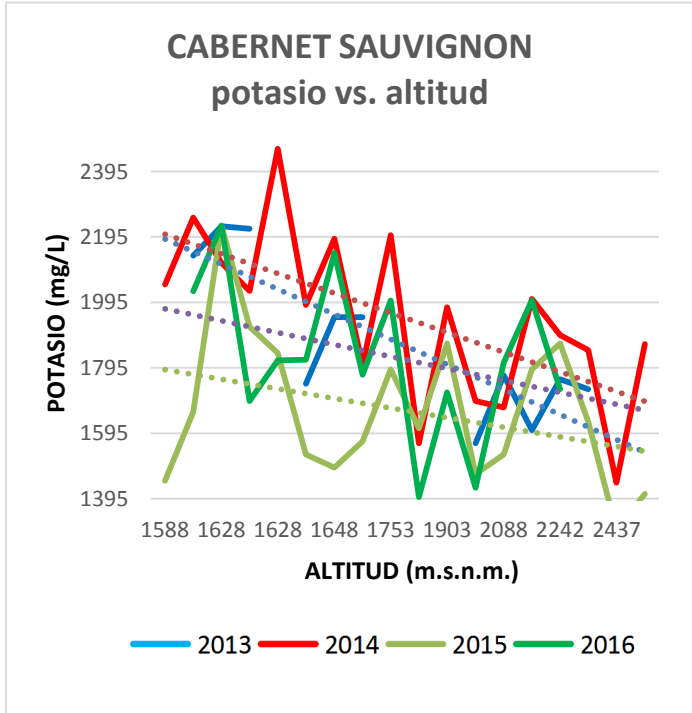


Fig.16: Contenido de potasio presente en vinos Cabernet Sauvignon correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1588 a 2437 msnm)

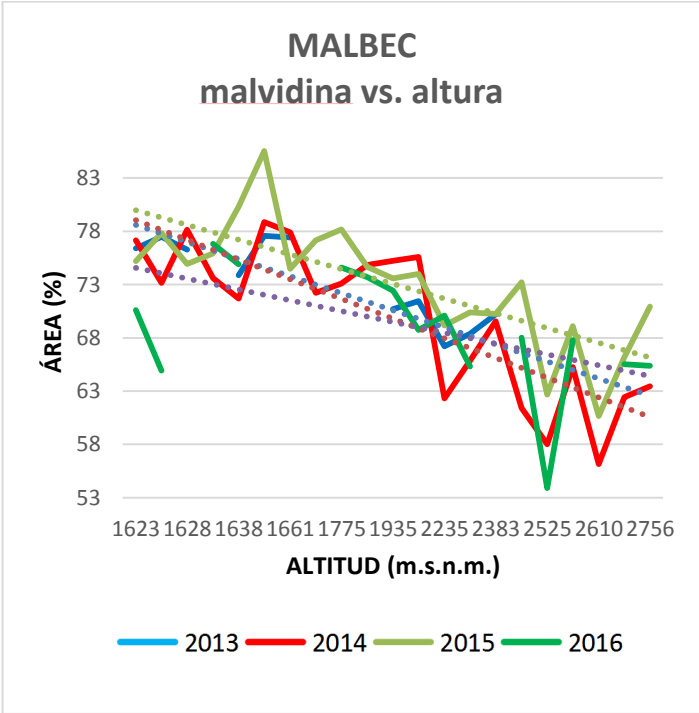


Fig.17: Contenido de malvidina presente en vinos Malbec correspondiente a distintas añadas (2013 a 2016) y diferentes altitudes (1623 a 2756 msnm)

4.2- ANÁLISIS DE DATOS SENSORIALES Y RESULTADOS

Para determinar si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de vinos, los datos sensoriales fueron analizados a través de Análisis de la Varianza (**ANOVA**) (Tabla 1). Asimismo, aquellas variables que significativamente diferenciaron a los vinos se analizaron mediante el Análisis de Diferencia Mínima de Medias (**LSD –Prueba de Fisher**); y por último, a modo de visualizar el agrupamiento de los vinos de acuerdo a sus características sensoriales y la altitud de los viñedos de procedencia, se llevó cabo el Análisis de Componentes Principales (**PCA**).

4.2.1 -Cabernet Sauvignon

Los resultados de ANOVA correspondientes a los vinos Cabernet Sauvignon (cosechas 2014-2015-2016), teniendo en cuenta todas las alturas de sus respectivos viñedos, mostraron diferencias significativas 11 de 19 atributos evaluados (Tablas 3 a 5).

Tabla 3: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo)**, correspondientes al *examen visual* de vinos de variedad Cabernet Sauvignon, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.

VARIEDAD	AÑO	ROJO	VIOLETA	NEGRO
CABERNET SAUVIGNON	2014	0.755 NS	<0.0001***	0.0642 NS
	2015	0.999 NS	0.012*	0.562 NS
	2016	0.999 NS	0.144 NS	0.137 NS

Los resultados indicarían que los vinos Cabernet Sauvignon, se diferencian significativamente con respecto al color violeta, en especial en la cosecha 2014. Las tonalidades negras y rojas fueron similares en todos los vinos de esta variedad, independientemente del año de cosecha.

Tabla 4: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo)**, correspondientes al *examen gustativo* de vinos de variedad Cabernet Sauvignon, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.

VARIEDAD	AÑO	ACIDEZ	ASTRINGENCIA	AMARGOR	DULZOR
CABERNET SAUVIGNON	2014	0.392 NS	0.499 NS	0.995 NS	<0.0001***
	2015	0.819 NS	0.499 NS	0.913 NS	0.945 NS
	2016	0.903 NS	0.988 NS	0.999 NS	0.959 NS

En el del análisis gustativo, el dulzor de los vinos Cabernet Sauvignon ha sido significativamente diferente en la cosecha 2014. El resto de los vinos, a pesar de corresponder a diferentes añadas y diferentes alturas, sensorialmente no se determinaron diferencias significativas.

Tabla 5: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo), correspondientes al *examen olfativo* de vinos de variedad Cabernet Sauvignon, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.**

VARIEDAD	AÑO	FRUTOS ROJOS	MORA	FRUTOS DESHIDRATADOS	PIMIENTO VERDE	CIRUELA	HIGO	ESPECIAS	BALSÁMICO	FRUTOS SECOS	FLORAL	CHOCOLATE	TERROSO
CABERNET SAUVIGNON	2014	0.334 NS	0.405 NS	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	0.0002***	<0.0001***	0.649 NS	0.043*	<0.0001***	0.008*	0.015*
	2015	0.301 NS	0.634 NS	0.023*	0.014*	0.0004***	0.113 NS	<0.0001***	0.987 NS	0.129 NS	0.991 NS	0.590 NS	0.888 NS
	2016	0.482 NS	0.642 NS	0.783 NS	0.098 NS	0.644 NS	0.962 NS	0.949 NS	0.228 NS	0.639 NS	0.999 NS	0.986 NS	0.997 NS

Con respecto a la fase olfativa la mayoría de los aromas presentes en los vinos que los diferenciaron significativamente fueron la presencia de frutos deshidratados, pimiento verde, ciruela, higo, especias, frutos secos, floral, chocolate y terroso.

La comparación múltiple de medias y el PCA como complementos del ANOVA, arrojaron resultados aún más claros en correspondencia con las tendencias de variables físico-químicas y altitud (Figs. 18 A 20). Un ejemplo a remarcar es la mayor percepción de compuestos pirazínicos en vinos provenientes de viñedos más altos (y mesoclimas más frescos).

PCA –Cabernet Sauvignon 2014

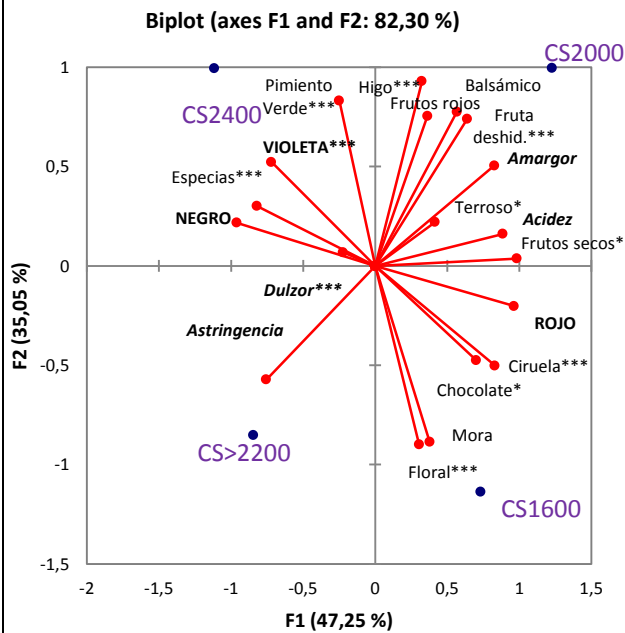


Fig.18 : PCA de medias de atributos sensoriales –CS 2014

PCA –Cabernet Sauvignon 2015

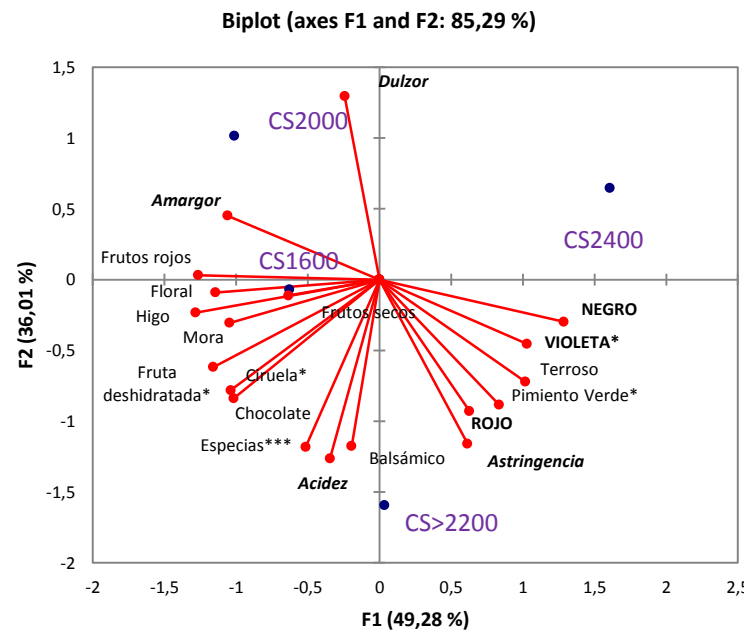


Fig.19: PCA de medias de atributos sensoriales –CS 2015

PCA –Cabernet Sauvignon 2016

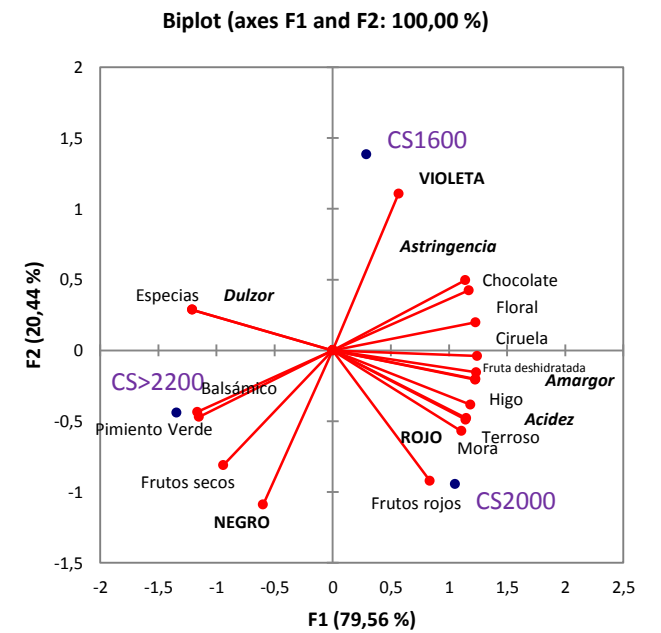


Fig. 20: PCA de medias de atributos sensoriales –CS 2016

Como lo indican los resultados, puede observarse un claro agrupamiento de los vinos de acuerdo a sus perfiles sensoriales teniendo en cuenta la altitud de sus viñedos de procedencia. Son 10 los atributos diferenciadores que agruparon a los vinos Cabernet Sauvignon (Tablas 3 a 5). Puede observarse que a mayores altitudes, los vinos se destacan en su intensidad de color violeta, como también en su dulzor y aromas a pimienta verde. En el caso de la intensidad de color, ésta se encuentra también reflejada en los análisis de laboratorio, indicando un aumento de los antocianos de tipo azules como la delfinidina, petunidina y delphinidina. Esto se remarca en altitudes de 2400 m.s.n.m. A altitudes intermedias (2000-2200 msnm) los vinos se diferencian por ser más especiados, y con presencia de frutos secos y deshidratados, además percibirse mayor intensidad de ciruela en nariz. Los vinos de viñedos ubicados en el rango de los 1600 msnm, presentaron perfiles más florales y de fruta fresca como la ciruela y la mora.

4.2.2 -Malbec

Los resultados de ANOVA correspondientes a los vinos Malbec (cosechas 2014-2015-2016), teniendo en cuenta todas las alturas de sus respectivos viñedos, mostraron diferencias significativas en 11 de 19 atributos evaluados (Tablas 6 a 8).

Tabla 6: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo), correspondientes al examen visual de vinos de variedad Malbec, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.**

VARIEDAD	AÑO	ROJO	VIOLETA	NEGRO
MALBEC	2014	0.093 NS	<0.0001***	0.016*
	2015	0.995 NS	<0.0001***	0.377 NS
	2016	0.757 NS	<0.0001***	<0.0001***

En la fase visual, los vinos Malbec de todas las añadas presentaron diferencias significativas en intensidades de color violeta y negro. Con respecto a las tonalidades rojas, ninguno se diferenció del resto de manera significativa.

Tabla 7: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo), correspondientes al examen gustativo de vinos de variedad Malbec, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.**

VARIEDAD	AÑO	ACIDEZ	ASTRINGENCIA	AMARGOR	DULZOR
MALBEC	2014	0.207 NS	<0.0001***	0.011*	<0.0001***
	2015	0.999 NS	0.861 NS	0.922 NS	0.997 NS
	2016	0.969 NS	0.760 NS	0.995 NS	<0.0001***

En cuanto a las características gustativas, la astringencia, el amargor y el dulzor fueron caracteres diferenciadores, especialmente en los Malbecs 2014. La acidez no fue una variable discriminativa.

Tabla 8: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, ***); y NS (No Significativo), correspondientes al examen olfativo de vinos de variedad Malbec, en sus 3 años 2014, 2015, y 2016.

VARIEDAD	AÑO	CIRUELA	FRUTOS ROJOS	FRUTOS NEGROS	VEGETAL	MORA	CASSIS	BALSÁMICO	FRUTOS SECOS	CHOCOLATE	FRUTOS DESHIDRATADOS	FLORAL	ESPECIAS
MALBEC	2014	0.232 NS	0.212 NS	0.361 NS	0.001**	0.253 NS	0.059 NS	0.106 NS	<0.0001***	0.002**	<0.0001***	0.143 NS	0.001**
	2015	0.808 NS	0.602 NS	0.277 NS	0.570 NS	0.943 NS	0.379 NS	0.996 NS	0.654 NS	0.715 NS	0.993 NS	0.972 NS	0.917 NS
	2016	0.275 NS	0.111 NS	0.265 NS	0.438 NS	0.487 NS	0.378 NS	0.020*	0.508 NS	0.992 NS	0.298 NS	0.946 NS	0.995 NS

La Tabla 8 muestra que sólo los vinos Malbec cosecha 2014 se diferenciaron significativamente en cuanto a aromas de frutos secos, frutos deshidratados, especias, chocolate y vegetal. La intensidad del resto de aromas evaluados se han percibido de manera similar en todos los vinos Malbec.

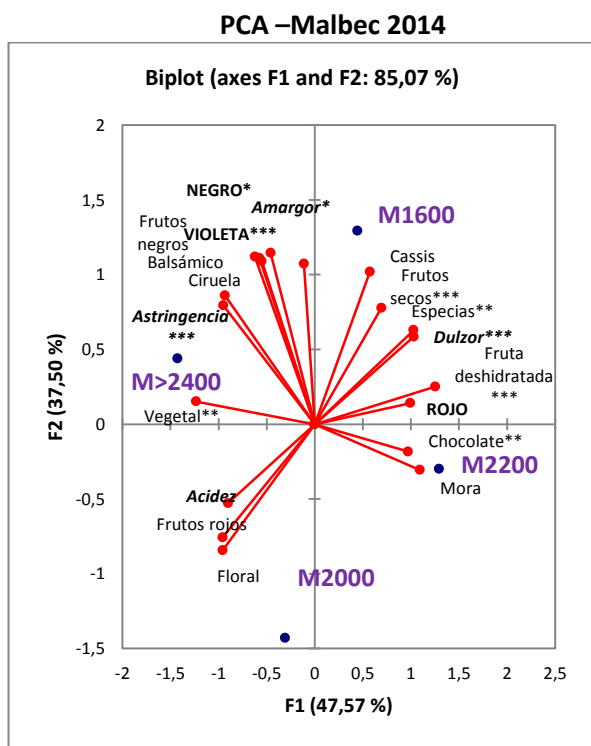


Fig. 21: PCA de medias de atributos sensoriales –M 2014

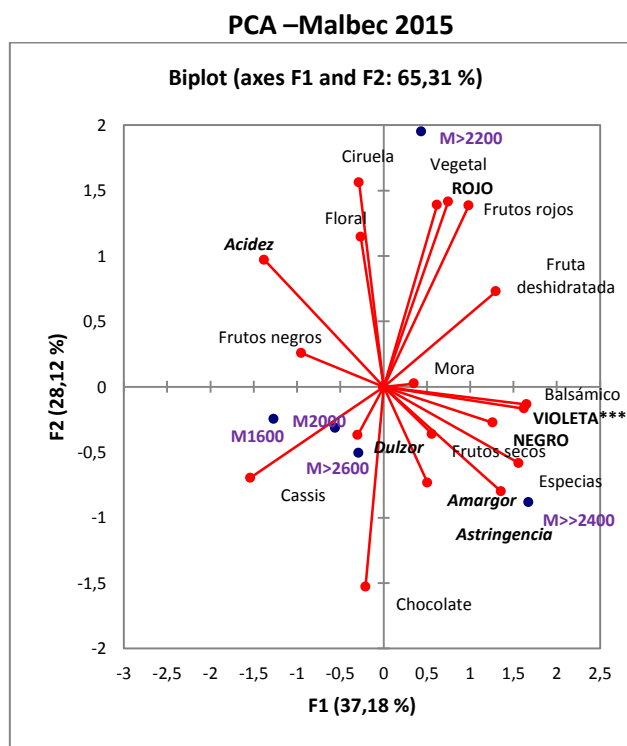


Fig. 22: PCA de medias de atributos sensoriales –M 2015

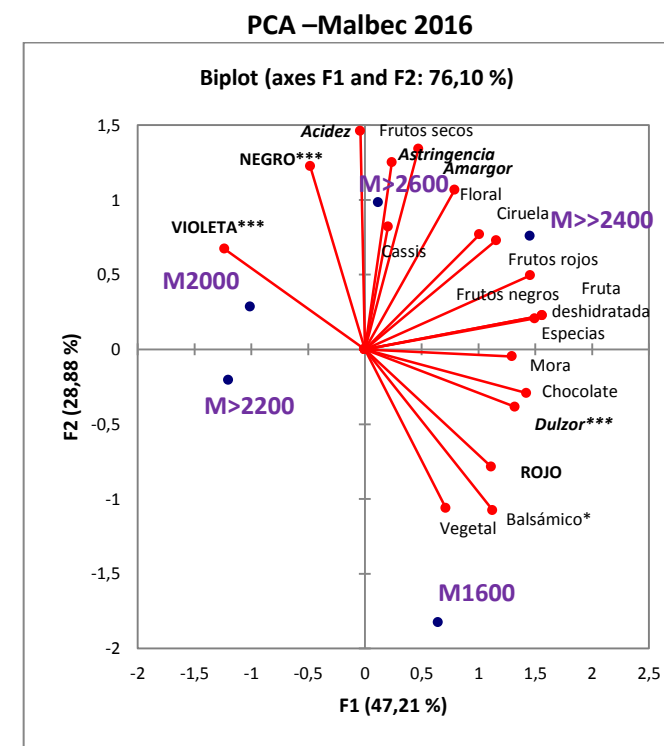


Fig. 23: PCA de medias de atributos sensoriales –M 2016

Las figuras 21 a 23 indican que a mayor altura, los vinos presentaron mayores intensidades de color violeta y negro, y a su vez se notaron marcadamente astringentes. A alturas intermedias (2200-2400 msnm) los aromas a chocolate y frutos deshidratados se percibieron significativamente diferentes. Vinos correspondientes a los 1600 msnm, fueron más dulces y amargos a la vez, con presencia de frutos secos y especias.

4.2.3 -Syrah

Los resultados de ANOVA correspondientes a los vinos Syrah (cosechas 2014-2015-2016), teniendo en cuenta todas las alturas de los respectivos viñedos, mostraron diferencias significativas 13 de 21 atributos evaluados (Tablas 9 a 11)

Tabla 9: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo), correspondientes al examen visual de vinos de variedad Syrah, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.**

VARIEDAD	AÑO	ROJO	VIOLETA	NEGRO
SYRAH	2014	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***
	2015	0.480 NS	<0.0001***	0.162 NS
	2016	0.913 NS	<0.0001***	0.010 *

Según Tabla 9, solamente los vinos cosecha 2014 presentaron diferencias significativas en cuanto a todas las tonalidades evaluadas -rojas, violetas y negras. El color violeta diferenció a los vinos Syrah de acuerdo al año de elaboración.

Tabla 10: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo), correspondientes al examen gustativo de vinos de variedad Syrah, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.**

VARIEDAD	AÑO	ACIDEZ	ASTRINGENCIA	AMARGOR	DULZOR
Syrah	2014	0.075 NS	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***
	2015	0.131 NS	0.144 NS	0.306 NS	0.001**
	2016	0.400 NS	0.952 NS	0.850 NS	0.746 NS

Los vinos Syrah de la cosecha 2014 se diferenciaron significativamente en cuanto a la astringencia, amargor y dulzor; no así con respecto a la acidez. Vinos de las cosechas 2015 y 2016 no presentaron diferencias gustativas significativas.

Tabla 11: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, ***); y NS (No Significativo), correspondientes al *examen olfativo* de vinos de variedad Syrah, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.

VARIEDAD	AÑO	FRUTOS ROJOS	MORA	FRUTOS DESH.	FRUTILLA	CIRUELA	HIGO	ESPECIAS	BALSÁMICO	FRUTOS SECOS	FLORAL	CONFITURA	MINERAL	REGALIZ	PIMIENTO VERDE
Syrah	2014	0.271 NS	0.256 NS	<0.0001***	0.028 *	0.359 NS	0.148 NS	0.228 NS	0.039 *	0.099 NS	0.569 NS	0.573 NS	<0.0001***	-	-
	2015	-	-	-	0.978 NS	0.001 **	0.002 **	0.243 NS	0.050 *	0.111 NS	-	0.144 NS	-	0.122 NS	0.120 NS
	2016	0.227 NS	0.060 NS	0.001**	0.111 NS	0.050 *	0.376 NS	0.831 NS	0.748 NS	0.991 NS	-	0.870 NS	-	0.037 *	0.821 NS

Los vinos Syrah pudieron diferenciarse claramente respecto al conjunto de aromas percibidos. La cosecha 2014 se caracterizó por la presencia de aromas a frutos deshidratados, frutilla, balsámico y mineral. La cosecha 2015 se diferenció significativamente por presentar mayor intensidad de aromas a ciruela e higo. Los vinos Syrah 2016, además de aromas a ciruela, se destacaron por la presencia de regaliz (Tabla 11).

PCA –Syrah 2014

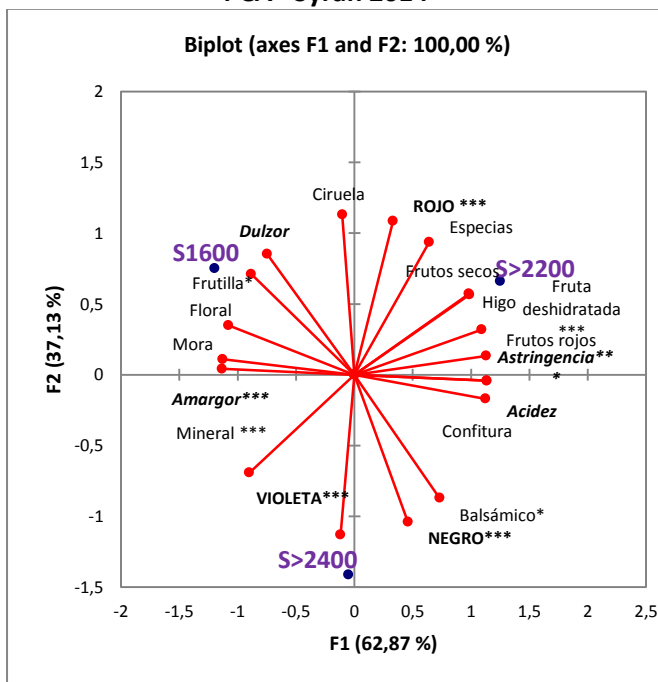


Fig. 24: PCA de medias de atributos sensoriales –S 2014

PCA –Syrah 2015

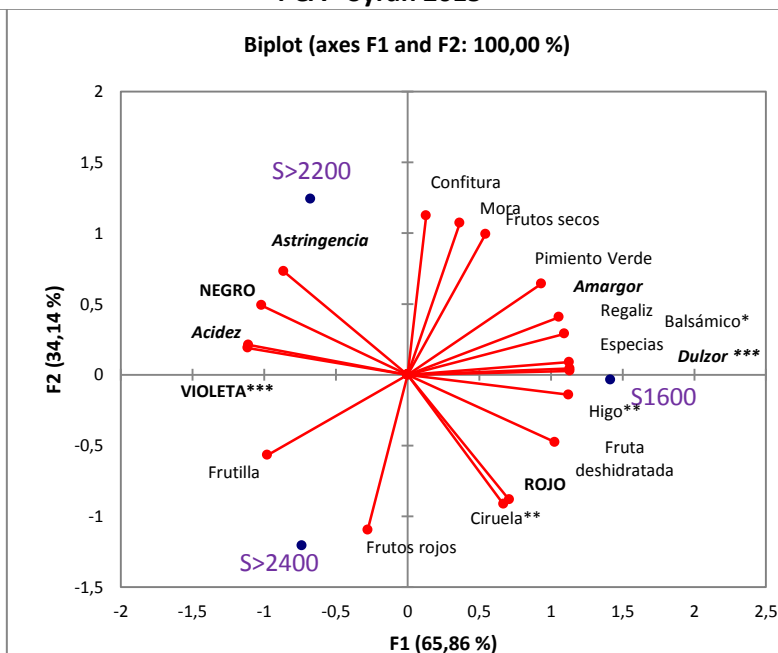


Fig. 25: PCA de medias de atributos sensoriales –S 2015

PCA –Syrah 2016

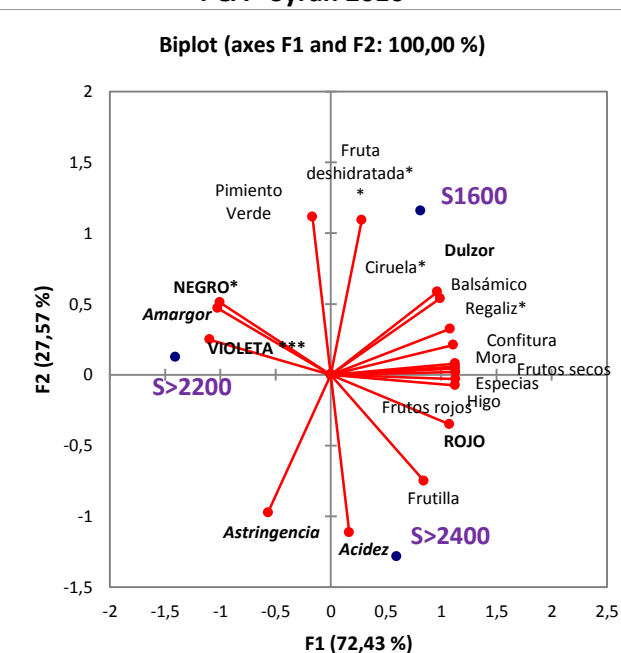


Fig. 26: PCA de medias de atributos sensoriales –S 2016

En las Figs. 24 a 26, el PCA agrupa a los vinos de acuerdo a la altura, pudiéndose observar nuevamente que la intensidad de colores violeta y negro aumentan con la altura (mayores tonalidades a alturas superiores a 2400 msnm), sobresaliendo el color rojo en vinos de alturas intermedias (2200 msnm). Con respecto al perfil gustativo, a mayor altura, mayor astringencia. Los vinos más dulces los corresponden a los 1600 msnm. La correspondencia de aromas y altura indica perfiles variables de acuerdo al año de cosecha. Sin embargo los vinos Syrah a menor altura presentaron una gama amplia de aromas de fruta deshidratada, especia, flores, balsámico, regaliz, si se compara con el perfil aromático de vinos a 2400 msnm, cuyas intensidades de frutos rojos como frutilla, aromas minerales (grafito, roca mojada), e higo, son marcadas.

4.2.4 -Tannat

Los resultados de ANOVA correspondientes a los vinos Tannat (cosechas 2014-2015-2016), teniendo en cuenta todas las alturas de sus respectivos viñedos, mostraron diferencias significativas 12 de 19 atributos evaluados (Tablas 12 a 14).

Tabla 12: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo), correspondientes al examen visual de vinos de variedad Tannat, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.**

VARIEDAD	AÑO	ROJO	VIOLETA	NEGRO
TANNAT	2014	0.294 NS	0.008 **	<0.0001***
	2015	0.040 *	<0.0001***	0.563 NS
	2016	0.165 NS	<0.0001***	0.850 NS

Los vinos correspondientes a la cosecha 2014 se discriminaron con respecto al color negro; y aquellos de cosecha 2015, por las tonalidades rojas. Con respecto al color violeta, independientemente de la cosecha, todos los vinos se diferenciaron significativamente respecto a esta tonalidad.

Tabla 13: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, *); y NS (No Significativo), correspondientes al examen gustativo de vinos de variedad Tannat, en sus 3 añadas 2014, 2015, y 2016.**

VARIEDAD	AÑO	ACIDEZ	ASTRINGENCIA	AMARGOR	DULZOR
TANNAT	2014	0.006**	0.132 NS	0.223 NS	<0.0001***
	2015	0.044*	0.753 NS	0.958 NS	0.004**
	2016	0.962 NS	0.712 NS	0.854 NS	0.658 NS

La acidez y el dulzor diferenciaron significativamente a los vinos cosechas 2014-2015. En cuanto al amargor y a la astringencia, ambas variables se percibieron por igual en todos los vinos. Aquellos correspondientes a la cosecha 2016 no presentaron diferencia gustativa significativa.

Tabla 14: Valores de F y niveles de significancia (P<0.05, *); (P<0.01, **); (P<0.001, ***); y NS (No Significativo), correspondientes al *examen olfativo* de vinos de variedad Tannat, en sus 3 añadas 2014, 2015, y

VARIEDAD	AÑO	FRUTOS ROJOS	MORA	FRUTOS DESH.	FRUTILLA	CIRUELA	HIGO	ESPECIAS	BALSÁMICO	FLORAL	CHOCOLATE	MINERAL	REGALIZ
TANNAT	2014	0.755 NS	0.232 NS	<0.0001***	<0.0001***	0.081 NS	0.007 **	0.386 NS	0.007 **	0.188 NS	0.126 NS	0.064 NS	0.007 **
	2015	0.816 NS	0.034*	<0.0001***	0.121 NS	<0.0001***	<0.0001***	0.159 NS	0.994 NS	0.352 NS	0.108 NS	0.148 NS	<0.0001***
	2016	0.353 NS	0.662 NS	0.010 *	0.368 NS	0.064 NS	0.653 NS	0.516 NS	0.975 NS	0.974 NS	0.822 NS	0.983 NS	0.771 NS

2016.

De acuerdo a la Tabla 14, los atributos olfativos diferenciadores han sido muy variados. Los vinos se percibieron significativamente diferentes en cuanto a frutos rojos (ciruela y frutilla), a frutos negros (higo y mora), balsámico y regaliz. La añada 2016 fue la cosecha que más homogeneidad aromática presentó.

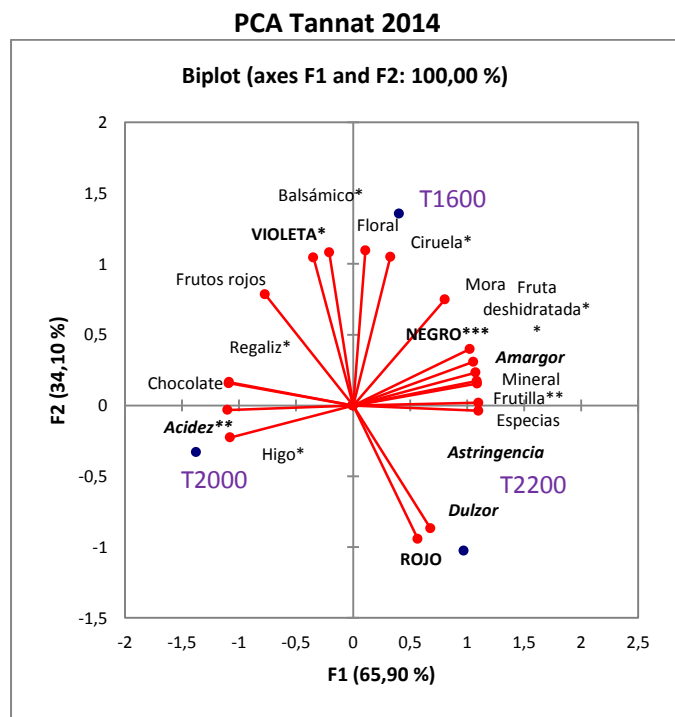


Fig. 27: PCA de medias de atributos sensoriales –T 2014

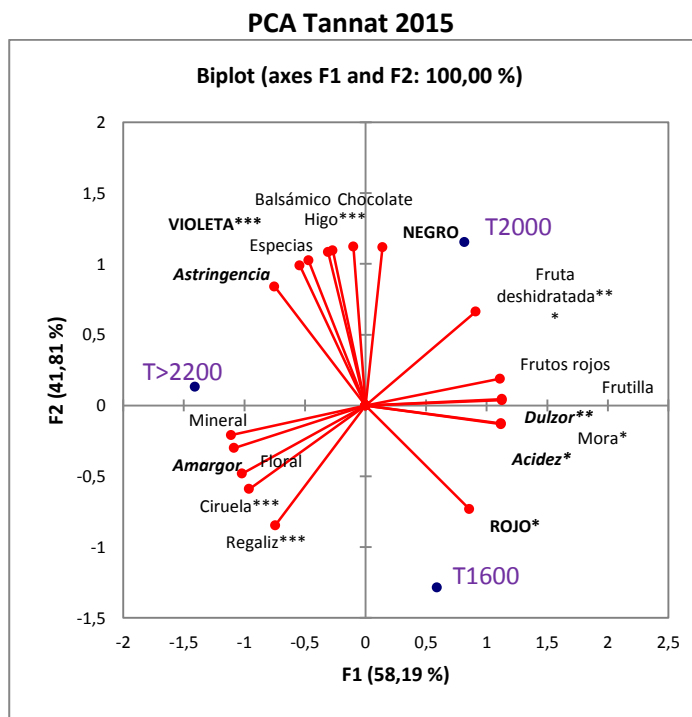


Fig. 28: PCA de medias de atributos sensoriales –T 2015

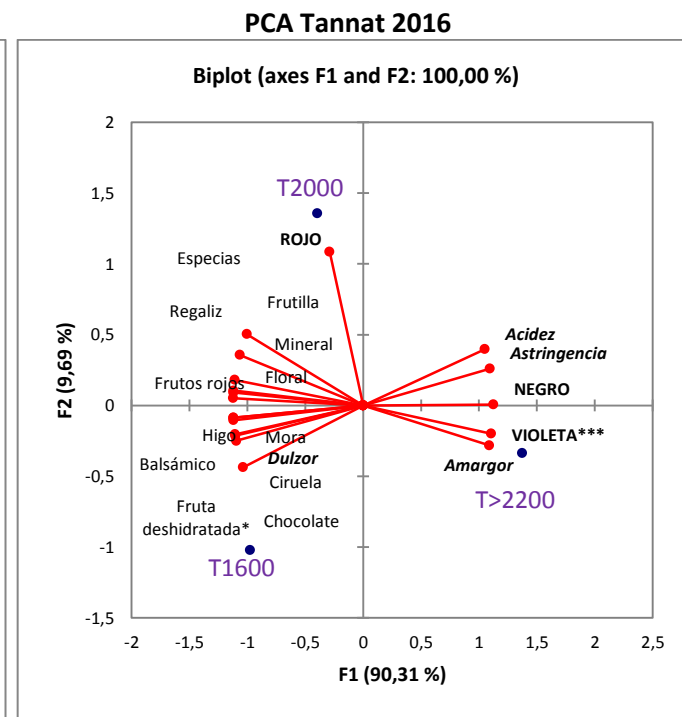


Fig. 29: PCA de medias de atributos sensoriales –T 2016

De acuerdo a las Figs. 27 a 29, los vinos en general no presentaron patrones claros, quizás por contar con un bajo número de muestras por añada. Sin embargo puede observarse también a través de ANOVA y LSD que a altitudes menores (1600 msnm) los vinos presentaron mayores intensidades de color violeta y negro que a alturas mayores. De acuerdo a las cosechas, el perfil de los vinos reflejó un patrón heterogéneo.

4.3 –ANÁLISIS DE TEMPERATURAS

La región que comprende este estudio se extiende desde Tolombón (sur de Cafayate, provincia de Salta) hasta Humahuaca (provincia de Jujuy) (Fig. 2), con viñedos que se encuentran desde los 1500 a 2756 msnm. Estos 2 sitios se encuentran separados por una distancia de 400 km en dirección norte-sur. Se ha instalado una red de sensores de temperatura en cada viñedo (Tabla 15; Figs. 37 y 38) para recoger datos térmicos diarios (mínimos, medios, y máximos) con el objeto de conocer en parte las características ambientales de cada sitio y poder interpretar los movimientos de masas de aire que se generan naturalmente por tratarse de viñedos ubicados a distintas altitudes y escenarios topográficos.

Tabla 15: sensores de temperatura instalados en los viñedos bajo estudio

Sensor (en sitio)	Altura del sitio (msnm)	Georreferenciación
Chimpas	1575	S26.03712 W65.52512
Chimpas	1580	S26.09888 W 65.88613
Cafayate	1609	S26.05199 W65.58274
Cafayate	1609	S26.05199 W65.58274
INV Cafayate	1616	S26.04603 W65.58011
Cafayate	1623	S26.06081 W65.57824
Río Seco	1628	S26.07589 W65.57648
Tolombón	1628	S26.07598 W65.57648
Animaná	1628	Sin georreferenciar
Cafayate	1638	S26.05981 W65.58780
Cafayate	1648	S26.02832 W65.58340
Cafayate	1661	S26.04745 W65.59574
Cafayate	1753	Sin georreferenciar
Cafayate	1775	S26.05406 W66.00791
Yacochuya	1935	Sin georreferenciar
La Viña	2088	S25.48580 W66.05612
Colomé	2242	S25.30804 W66.2305
Tacuil	2383	S25.34791 W66.25791
Maimará	2437	S23.60861 W65.3975
Payogasta	2525	Sin georreferenciar
Cachi	2558	Sin georreferenciar
Huacalera	2610	S23.4688 W65.36027
Huacalera	2610	S23.4688 W65.36027
Uquía	2756	S23.3694 W65.34555
Uquía	2756	S23.3694 W65.34555

- **Temperaturas mínimas diarias 2013/2014 y 2014/2015**

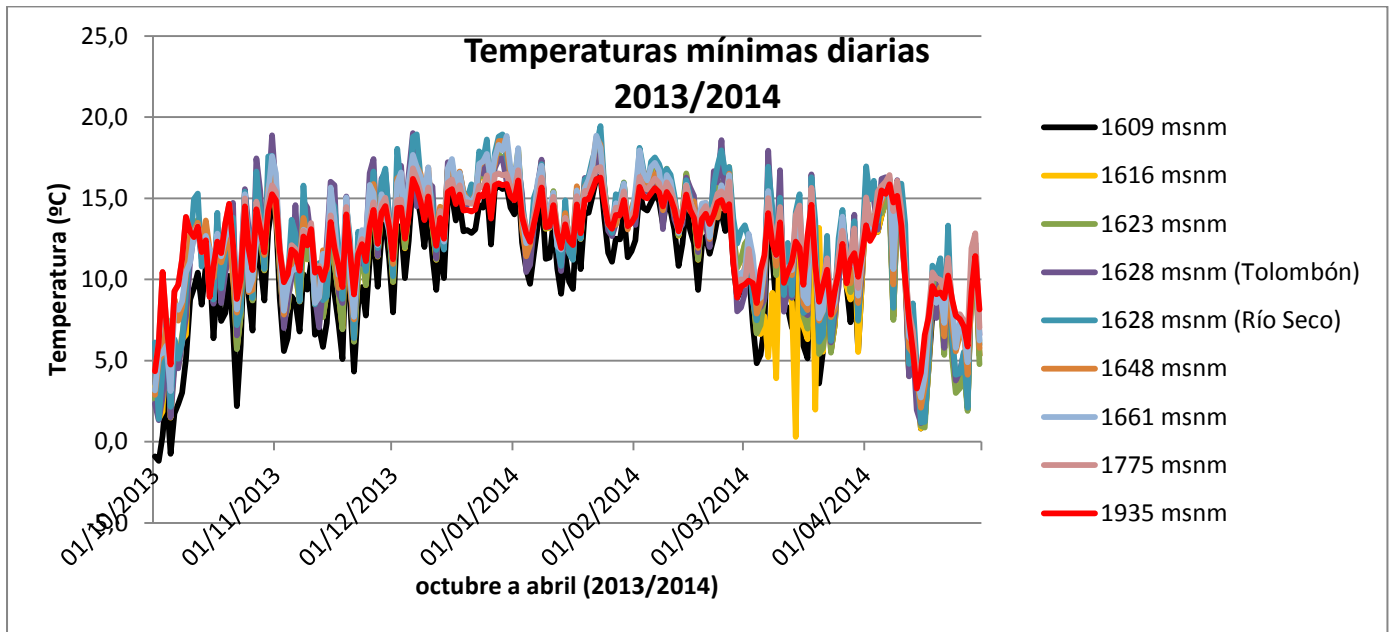


Fig. 30: Temperaturas mínimas diarias entre octubre de 2013 a abril de 2014

El análisis de las temperaturas muestra una alta variabilidad espacial, especialmente relacionada con factores topográficos: altitud, pendiente y exposición. Como muestra la figura 30, altitudes menores como ser 1609 y 1616 msnm (éste último sensor instalado en el viñedo del INV), registraron temperaturas más bajas comparadas con la zona de Yacochuya (1935 msnm). Esto podría deberse al movimiento de aire fresco desde zonas de mayor altitud hacia las zonas más bajas (de allí la tendencia de ocurrencia de heladas en la zona de Cafayate).

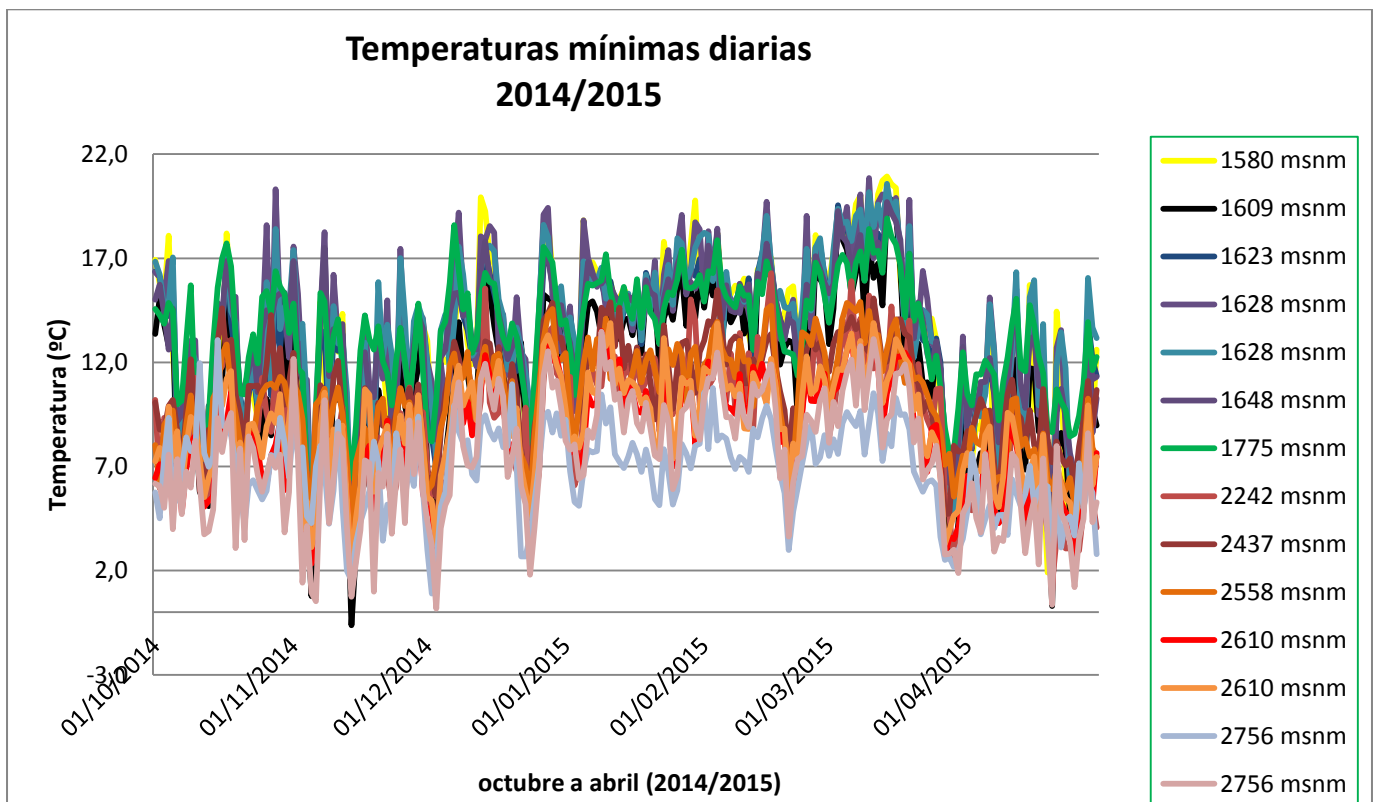


Fig. 31: Temperaturas mínimas diarias entre octubre de 2014 a abril de 2015

Se observó que la diferencia de temperaturas entre el sitio más alto respecto al más bajo es significativa (Figs. 30 y 31). Por ejemplo, se observa una diferencia de 13.5°C entre Chimpas- Salta (1580 msnm), registrándose 20.7 °C en el

mes de abril versus 7.3 °C en la Quebrada de Humahuaca en Jujuy (2756 msnm). A escala de sitio, la altitud y el contraste entre la pendiente y los fondos del valle pueden presentar diferencias altamente significativas de como por ejemplo en la zona de Cafayate: misma zona con sitios en los cuales los patrones de temperaturas son distintos (Fig.31 -curvas de colores negro-azul-violetas).

- **Temperaturas medias diarias 2013/2014 y 2014/2015**

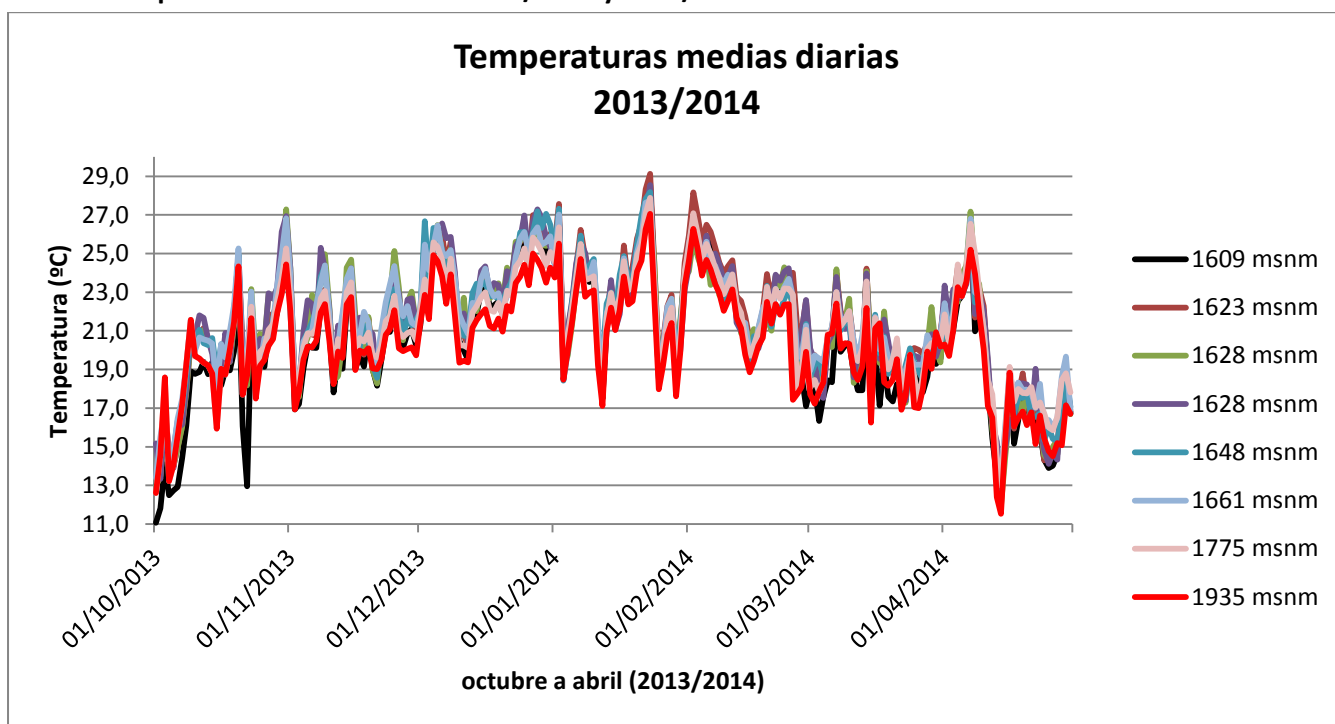


Fig. 32: Temperaturas medias diarias entre octubre de 2013 a abril de 2014

Con respecto a las temperaturas medias, la zona de Yacochuya (1935 msnm) es más fresca, a diferencia de los demás sitios de Cafayate (Fig.32) –a excepción de la zona más baja de Cafayate (1609 msnm).

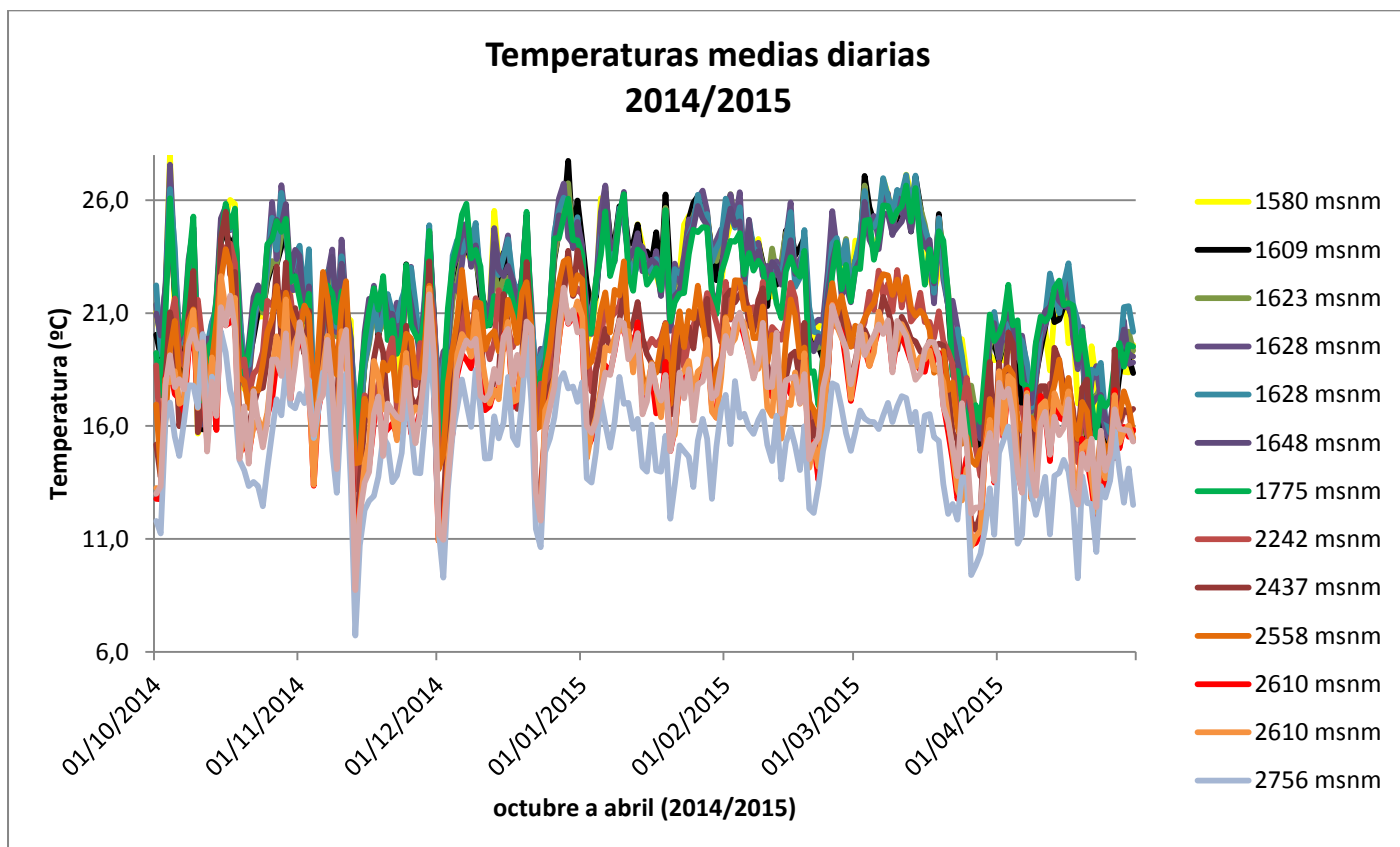


Fig. 33: Temperaturas medias diarias entre octubre de 2014 a abril de 2015

Durante el siguiente ciclo 2014/2015 puede observarse también, que a medida que aumenta la altitud, los sitios de estudio presentan temperaturas medias más bajas (Fig.33). Zonas como Chimpas (1580 msnm, o Tolombón -1628 msnm), que registraron temperaturas medias de 27.6 °C en octubre de 2014, presentaron una diferencia de 16 °C con respecto a la zona de Humahuaca (2756 msnm). Esta diferencia térmica estaría relacionada, por una parte, con el efecto regional (distancia entre los dos sitios) y, por otra parte, con los efectos locales como la altitud y topografía, entre otros factores.

- **Temperaturas máximas diarias 2013/2014 y 2014/2015**

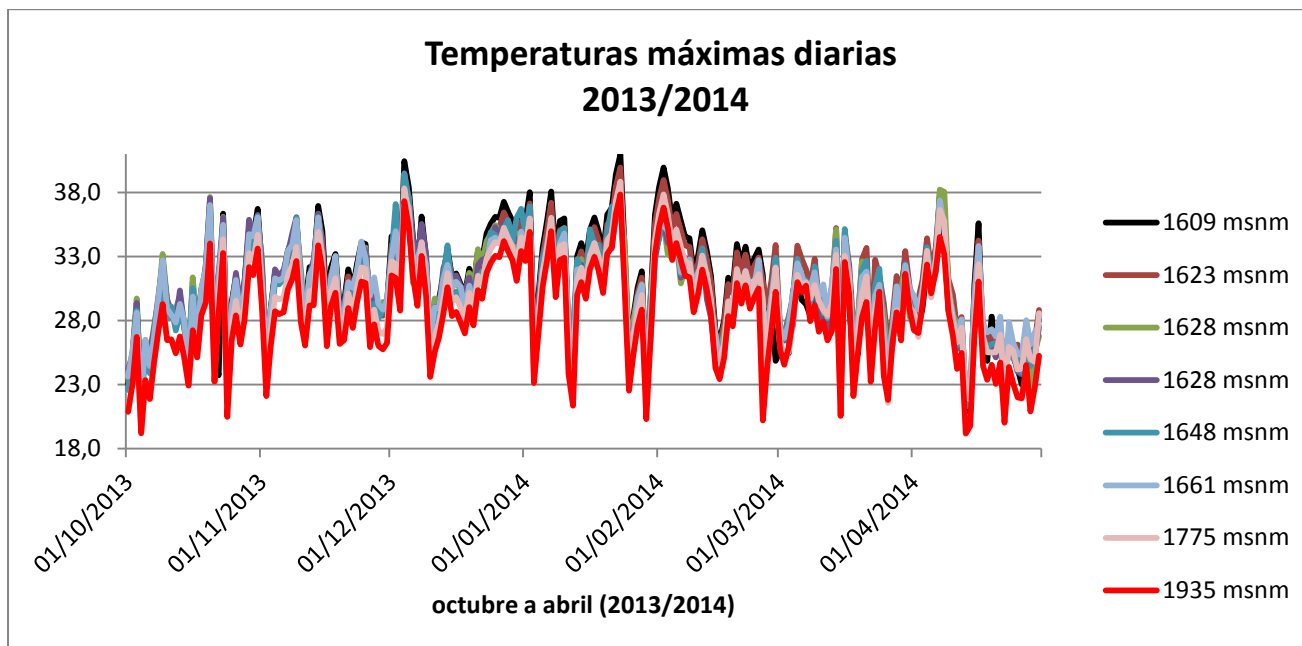


Fig. 34: Temperaturas máximas diarias entre octubre de 2013 a abril de 2014

Las temperaturas máximas son más altas en la región de Cafayate (altitudes entre 1609 y 1661 msnm). Los sensores instalados en dicha zona registraron 40.0 °C de máxima en el mes de febrero, comparado con un registro de 36°C en la zona de Yacochuya (1935 msnm). La Fig. 35 muestra claramente los registros de temperaturas máximas más bajas, a medida que aumenta la altitud de la zona de estudio. Para dar un ejemplo, la zona de la Quebrada de Humahuaca (~2700 msnm) registró el día 20/12/2014, 41°C, comparado con lo registrado ese mismo día en la zona más baja de Cafayate, 33.9°C (Fig.35). Estas diferencias relacionadas con la topografía también se pueden observar en la amplitud térmica diurna (diferencia entre temperaturas mínimas y máximas) (Fig.36). Como muestra la figura, la amplitud térmica es muy alta en sitios con mayores altitudes, como así también en zonas más bajas de la región de Cafayate (1609 msnm) (Fig. 36).

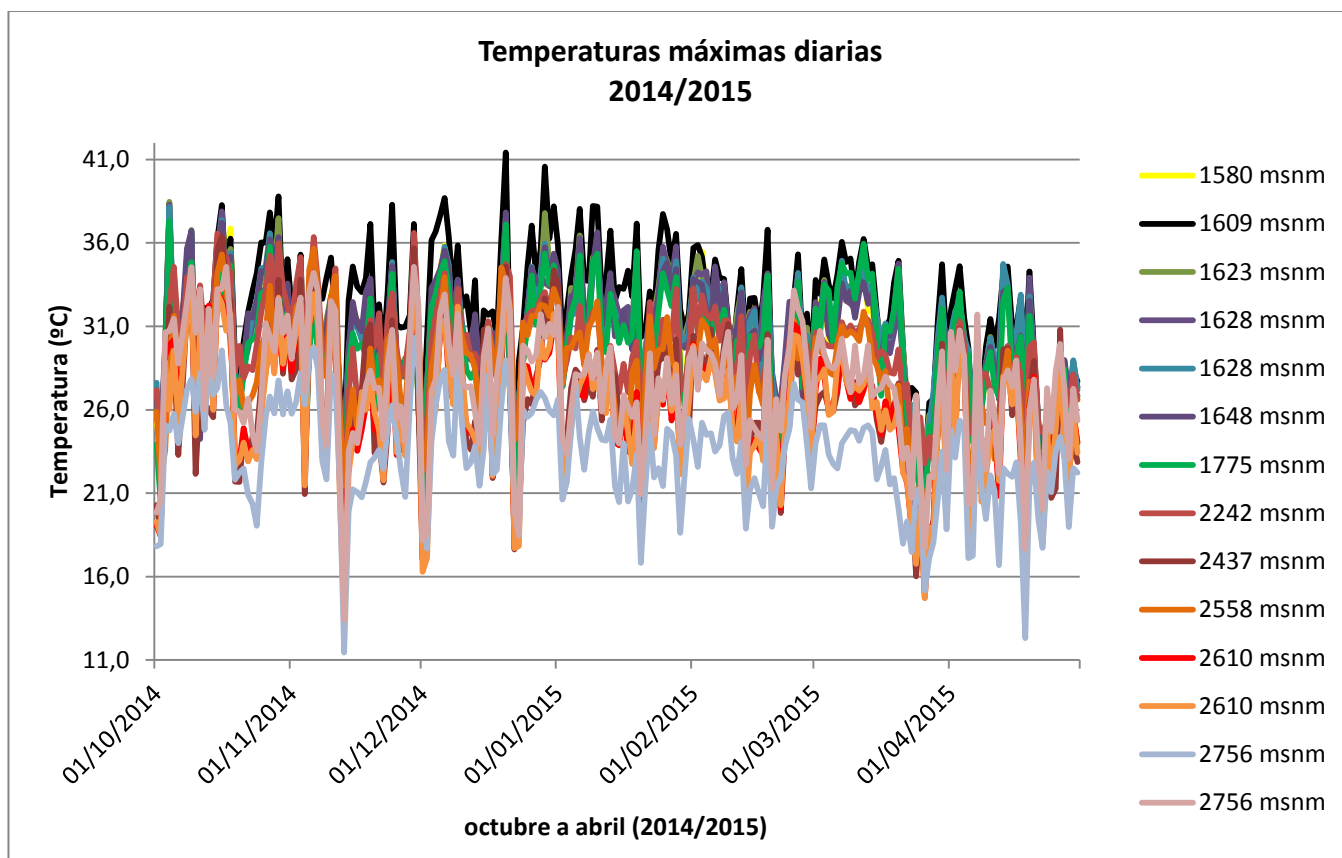


Fig. 35: Temperaturas medias diarias entre octubre de 2014 a abril de 2015

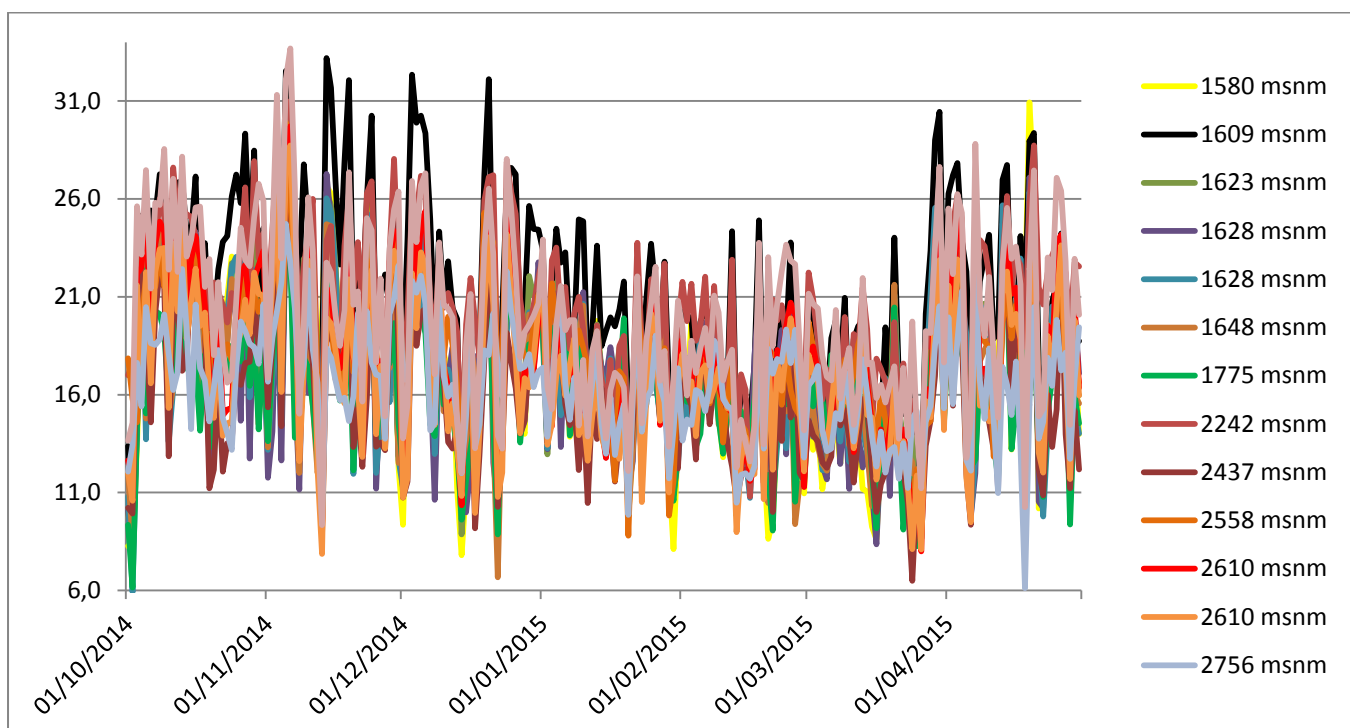


Fig. 36: Amplitud térmica diaria entre octubre de 2014 a abril de 2015

4.4 - ANALISIS DE INDICES BIOCLIMÁTICOS

Los índices Winkler, Huglin, y Noches Frescas (INF) [27-29], basados en sumas de grados-día, fueron calculados para cada sensor durante la temporada de crecimiento 2014-2015. El objeto de este análisis fue evaluar las desviaciones térmicas, sin la intención de comparar estos valores con los correspondientes a otras regiones del mundo. Es

importante señalar que las clases térmicas utilizadas para la clasificación de "regiones vitivinícolas" no son aplicables en este estudio.

Por mencionar situaciones extremas, entre las regiones de Cafayate y la Quebrada de Humahuaca, se registró una diferencia superior a 1000 GD (Winkler) y 1500 (Huglin) (Tabla 16). También puede observarse una diferencia con respecto al INF entre los viñedos de Cafayate y la Quebrada de Humahuaca, registrándose, en algunos casos una diferencia de más de 5°C.

Tabla 16: Cálculo de índices bioclimáticos 2014/2015

Sitios de estudio (msnm)	Índice de Winkler (Grados Día -GD)	Índice de Huglin (Grados Día -GD)	Índice de Noches Frescas (IF)
1580 -Chimpas	2475	3078	15.2
1609 -Cafayate	2483	3257	13.6
1623 -Cafayate	2515	3113	15
1628 a -Río Seco	2556	3125	15.5
1628 b -Tolombón	2512	3082	15
1628 c -Animaná	2582	3131	15.5
1661 -Cafayate	2444	3044	11
1775 -Cafayate	2465	2991	14.6
1935 -Yacochuya	2194	2755	10.9
2242 -Colomé	1973	2782	10.6
2437 -Maimará	1794	2365	11.4
2558 -Cachi	1947	2635	11.4
2610 a -Huacalera	1528	2228	9.5
2610 b -Huacalera	1681	2235	10
2756 a -Uquía	1084	1782	7.2
2756 b -Uquía	1571	2372	8.7

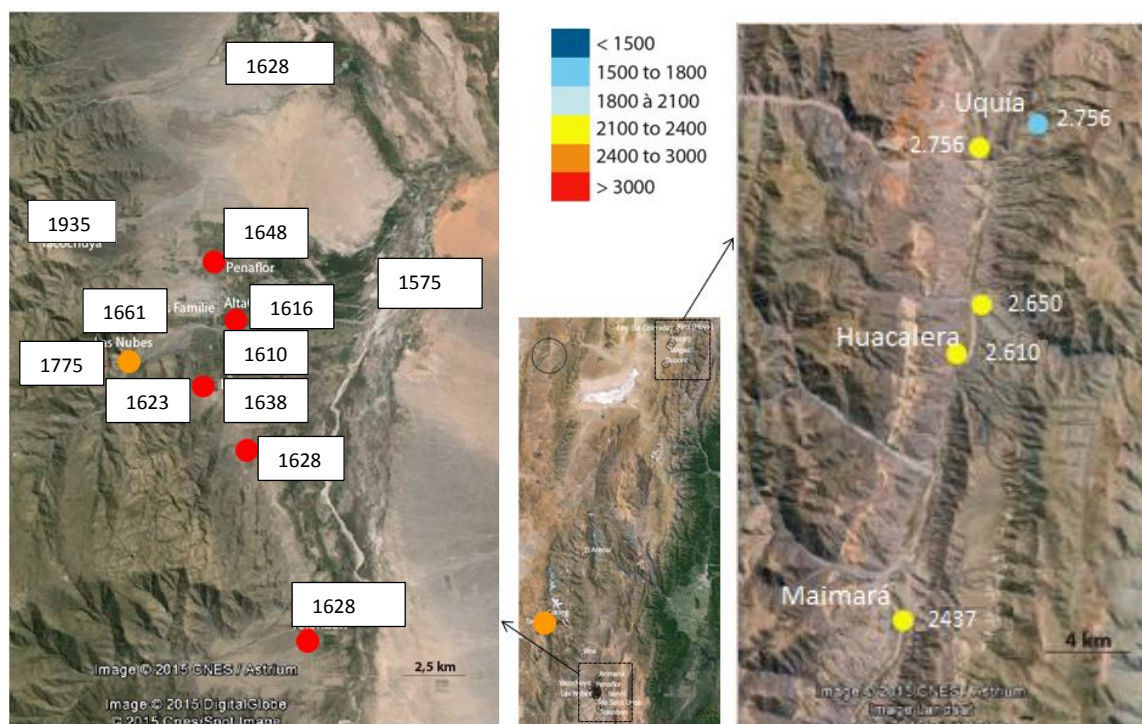
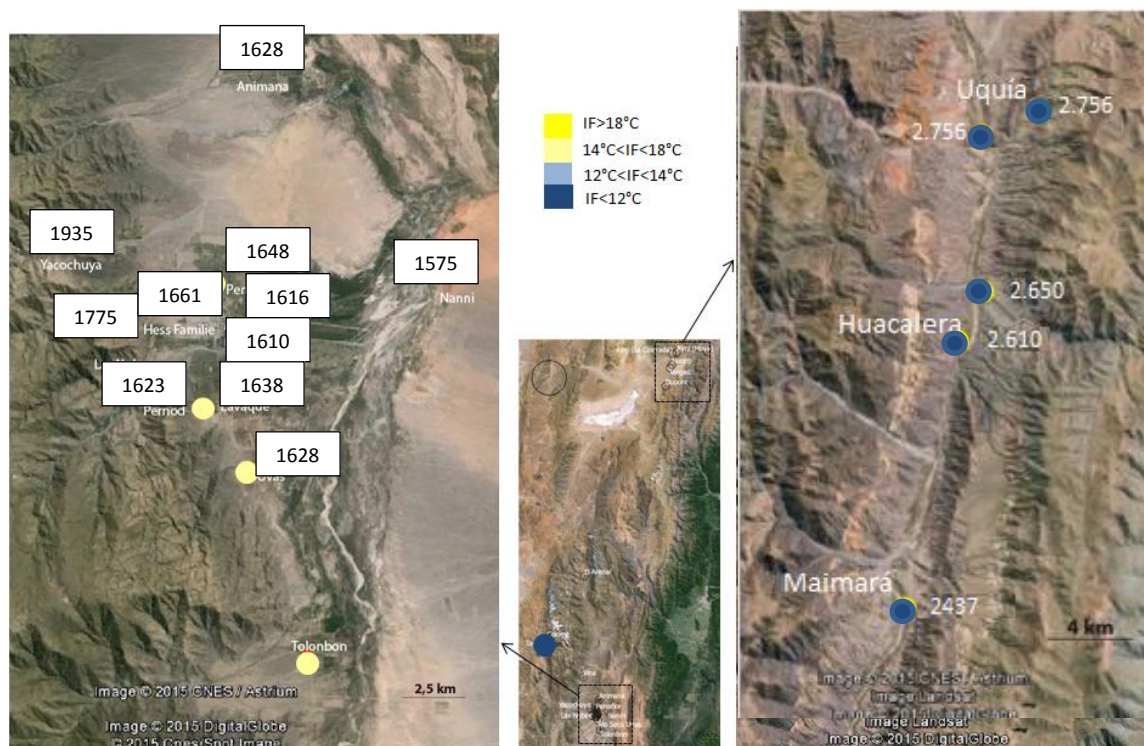


Figure 37: Índice Huglin correspondiente a diferentes altitudes para el periodo 2014-2015



Los índices bioclimáticos de cada sitio bajo estudio clasifican a las zonas en distintos grupos. En el caso del índice de Huglin, puede observarse que la zona de Cafayate es la más cálida, con índices superiores a los 3000 (Fig. 37 y Tabla 16). Las zonas de Yacochuya (1935 msnm) y La Viña (1775msnm) son más frescas por encontrarse también a mayor altitud. La Quebrada de Humahuaca presenta índices de Huglin menores (2100 a 2400), siendo la zona más alta (2756 msnm) y más fresca aún. En cuanto al Índice de Noches Frescas, también puede observarse una fuerte variabilidad espacial entre los 2 sitios extremos (Cafayate versus Quebrada de Humahuaca), y dentro de cada sitio (Figura 38).

5- CONCLUSIONES

La altitud y la temperatura son factores importantes que influyen en las características de los vinos. A mayor altitud, y en combinación con temperaturas más bajas, los vinos presentaron mayor intensidad de matices violeta y negro, con marcada presencia aromática de frutos secos y frutas deshidratadas. Vinos provenientes de sitios de menor altura, se expresaron de manera más variada, presentando un mayor abanico aromático, siendo a su vez menos astringentes y presentar menor intensidad de amargor. Esta descripción general podría resumir el perfil de los vinos bajo estudio. Sin embargo, a pesar de aplicar una metodología estándar de elaboración de vinos, los perfiles de los vinos bajo estudio fueron variables año a año, independientemente de la altitud, topografía, y demás variables ambientales no contempladas en este estudio (humedad, precipitaciones, ocurrencia de heladas, entre otros).

A escala de sitio, las temperaturas medias, máximas y mínimas, como así también los factores topográficos locales (pendiente, elevación, orientación) serían algunos de los factores responsables de la variabilidad espacial de los índices bioclimáticos. Los sensores de temperatura permitieron clasificar los viñedos con respecto a las temperaturas, previendo posibles movimientos de aire desde las partes altas a las bajas, e identificando zonas con mayor vulnerabilidad a heladas.

La información recabada en este estudio, podría utilizarse como algunas respuestas a las demandas de información por parte de productores y empresarios no sólo sobre las dinámicas de factores climáticos inherentes a este tipo de viñedos, sino también sobre su efecto en el vino producido.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fregoni, M., Traicca, D. (1979). Examples of soil lay-out for viticulture on steep slopes. *Vignevini*, Vol 6 (5), 27-31.
- [2] Iacono, F., Stefanini, M. (1993). Adaptability of Chardonnay clones at different altitudes. *Wein Wissenschaft* Vol 48, 3-6.
- [3] Costacurta, A., Tomasi, D. (1988). Measurement of the amount of direct solar energy received by the vineyards as a function of location and structure. *Rivista di Viticoltura e di Enologia*, Vol 41 (12), 491-510.
- [4] Spayd, S.E, Tarara, J.M., Mee, D.L., Ferguson, J.C (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol 53:3.
- [5] Rapcha, M.P., Kisil, M.F. (2004). Effect of vineyard location on productivity. *Sadovodstvo I Vinogradarstvo* Vol 3, 19-21.
- [6] Fonteneau, P, Carbonneau, A. (2005). Vineyards on very slopes: the Harp, a training system with an original plant water regime. *Progress Agricole etViticole*, Vil. 122 (17), 361-369.
- [7] Shi, Z., Liu, S., Liu, X., Centritto, M. (2006). Altitudinal variation in photosynthetic capacity, diffusional conductance and $\delta^{13}\text{C}$ of butterfly bush (*Buddlejadavidii*) plants growing at high elevations. *Physiology Plantarum* 128: 722-731, 2006.
- [8] Keller, M. (2010). Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Vol 16, 56-69.
- [9] Berli, F., Moreno, D, Hespanhol-Viana, L, Bressian-Smith, R., Cavagnaro, J.B, Bottini, R (2010). El ácido abscísico participa en las respuestas de las hojas de vid a la radiación UV-B incrementando los compuestos que absorben este tipo de radiación, las enzimas antioxidantes y los esteroides de membrana. *Plant Cell and Environment*, Vol.22, 1-10.
- [10] Baker, N.R., Allen, D., Nogués, S. (1998). Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there a real threat to photosynthesis? *Journal of Experimental Botany*, Vol. 49 (328), 1775-1788.
- [11] Deis L., Cavagnaro, B. (2009). Efecto del deshoje sobre la temperatura de bayas y la síntesis de antocianos (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon). XII Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología 2009.
- [12] IRAM 29481-1: Directivas para el diseño de programas de muestreo.
- [13] Dataloggers Tynitag, modelo Talk 2. <https://www.geminidataloggers.com/data-loggers/tinytag-talk-2/tk-4023>
- [14] Software WeatherLink Vantage Pro2, <https://www.davisnet.com/product/weatherlink-windows-usb/>
- [15] American Society for Testing Materials, Guidelines for Selection and Training of Sensory Panel Members, PCN 04-758000-36, 1981, pp. 1-35.
- [16] IRAM 20003:1995, ISO 8589:2010 - Análisis Sensorial. Guía para la instalación de locales de ensayo.
- [17] Norma ISO/IEC 17025:2010 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración."
- [18] H.T. Lawless, H. Heymann, *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*, Chapman & Hall, New York, 1998, p. 827.
- [19] Poste, L. (1991). *Laboratory Methods for Sensory Analysis of Food*. Research Branch Agriculture Canada. Table of random numbers. Statistical Chart 1. Publication 1864/E, 1991.
- [20] Noble, A.C. (2001). Sensory Evaluation in the Wine Industry: An under-utilized resource. In *Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Annual Meeting*. J.M. Rantz (Ed.), pp 1-2 ASEV, Davis.

- [21] Lesschaeve, I. (2007). Sensory Evaluation of Wine and Commercial Realities: Review of Current Practices and Perspectives. Am. J. Enol. Vitic., 58:2.2007.
- [22] M. Meilgaard, G.V. Civille, B.T. Carr, Sensory Evaluation Techniques, CRC Press, 1999, p. 448.
- [23] C.J. Wolters, E.M. Allchurch, Effect of training procedures on the performance of descriptive panel, Food Quality and Preference 5 (1994) 203-214.
- [24] Le Nez du Vin®, Ediciones Jean Lenoir y Estándares Olfativos de Referencia (EOR) de tipo naturales elaborados en el DEES-INV.
- [25] Table of random numbers. Statistical Chart 1. Publication 1864/E, 1991.
- [26] Software Estadístico Xlstat version 2014. <https://www.xlstat.com/es/>
- [27] Huglin, P. (1983). Possibilités d`appreciation objective du milieu viticole. Bulletin de IÒIV. Office International de la Vigne et du Vin. 56 (634):823-833.
- [28] Tonietto, J. (1999). Les macroclimats Viticoles Mondiaux et L`influence du Mesoclimat sur la Typicite de la Syrah et du Muscat de Hamburg dans le Sud de la France. Montpellier. ENSAM. 233 p.
- [29] Tonietto, J. (2003). Zonificació Vitícola. Memoria Técnica del Curso Internacional de Vitivinicultura. INTA, Centro Regional Patagonia Norte, EEA Alto Valle.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece enormemente la colaboración del plantel de profesionales de los laboratorios y especialistas en metodologías analíticas especiales del INV por todos los análisis e informes realizados. También un especial agradecimiento a los Jefes de la Delegación Cafayate: Jefe actual Sr. Orlando Irusta y Jefe anterior, Sr. Daniel Farina por la colaboración brindada desde sus respectivos cargos de gestión. Se agradece especialmente a Claudia Quini por el apoyo brindado desde los comienzos de este proyecto, y finalmente a todas las bodegas participantes, por la apertura y confianza en la labor de profesionales del INV.

Equipo DEES