



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EVALUACION DE SISTEMAS DE CONDUCCION
LIRA Y ESPALDERA
SOBRE PARAMETROS ECOFISIOLÓGICOS Y
ENOLOGICOS
EN EL cv. *TANNAT***

Por

**Guillermo LACROIX GIUDICELLI
Mabel PAIVA MACHIN**

FACULTAD DE AGRONOMIA

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

REVISADO POR:
BOGUSKI, J.

FECHA: 1997

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1997**

Tesis aprobada por:

Director: MILKA FERRER

GUSTAVO GONZALEZ

JUAN BURGEÑO

Fecha: 8 de diciembre de 1997

Autores: GUILLERMO LACROIX

MABEL PAIVA

TABLA DE CONTENIDO

	Pagina
PAGINA DE APROBACION	II
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	III
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	5
2.1. SISTEMAS DE CONDUCCION.....	5
2.1.1. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCION....	5
2.1.2. EVOUCION DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCION.....	7
2.1.3. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCION.....	9
2.1.3.1.ESPALDERA ALTA VERTICAL.....	9
2.1.3.2.LIRA ABIERTA.....	10
2.2. CANOPY DE LA VIÑA.....	11
2.2.1. DENSIDAD DEL CANOPY.....	11
2.2.1.1.NUMERO DE PLANOS DE HOJAS.....	12
2.2.1.2.SUPERFICIE FOLIAR TOTAL Y EXPUESTA.....	12
2.2.1.3.SUPERFICIE FOLIAR POR SARMIENTO.....	13
2.2.1.4.SARMIENTOS.....	14
2.2.2. MICROCLIMA DEL CANOPY.....	17
2.2.3. MICROCLIMA DEL CANOPY Y DENSIDAD.....	18
2.3. FISIOLOGIA DE LA VIÑA.....	20
2.3.1. CICLO ANUAL DE LA VIÑA.....	20
2.3.2. FOTOSINTESIS.....	21
2.3.2.1.FACTORES QUE AFECTAN LA FOTOSINTESIS.....	22
2.3.2.2.EFICIENCIA FOTOSINTETICA.....	30
2.3.3. POTENCIAL HIDRICO.....	31
2.3.3.1.FACTORES QUE AFECTAN EL ESTADO HIDRICO.....	33
2.4. PROSESO DE MADURACION DEL RACIMO DE UVA.....	34
2.4.1. COMPOSICION DEL RACIMO DE UVA.....	34
2.4.2. MADURACION.....	35
2.4.2.1.FENOMENOS DE MADURACION DE LA UVA.....	35
2.4.2.2.CAMBIOS QUIMICOS Y FISICOS DESDE ENVERO A MADUREZ	36
2.5. MICROCLIMA Y COMPOSICION DE LA UVA.....	41
2.6. DETERMINACION DEL MOMENTO DE COSECHA.....	42
2.6.1. MEDICIONES PRECOSECHA.....	45
2.6.2. MOMENTO DE COSECHA.....	46

2.6.3. INFLUENCIA DE LAS TECNICAS CULTURALES SOBRE LA CALIDAD DE LAVENDIMIA.....	47
2.7. MICROCLIMA, CANOPY Y RENDIMIENTO.....	47
2.8. PESO DE PODA.....	50
2.9. ETAPAS PREVIAS A VINIFICACION.....	52
2.9.1. TRANSPORTE DE LA UVA.....	52
2.9.2. ENVASES.....	53
2.9.3. ESTADO SANITARIO DE LA UVA.....	53
2.10.VINIFICACION EN TINTO.....	53
2.10.1. OPERACIONES MECANICAS.....	54
2.10.1.1. ESTRUJADO.....	54
2.10.1.2. DESCOBAJADO.....	55
2.10.2. COMPOSICION DEL MOSTO.....	56
2.10.3. FERMENTACION ALCOHOLICA.....	58
2.10.3.1. MICROBIOLOGIA ENOLOGICA.....	58
2.10.3.2. FACTORES A CONSIDERAR EN EL CONTROL DE LA FERMENTACION.....	61
2.10.3.3. INTERVENCIONES DURANTE LA FERMENTACION.....	64
2.10.4. MACERACION.....	66
2.10.5. DESCUBE.....	68
2.10.6. PRENSADO.....	69
2.10.7. FERMENTACION MALOLACTICA.....	69
2.10.7.1. CONDICIONES DE LA FERMENTACION MALOLACTICA.....	70
2.11.COMPOSICION DEL VINO.....	71
2.11.1. ALCOHOLES.....	72
2.11.1.1 ALCOHOL ETILICO.....	72
2.11.1.2 GLICEROL.....	73
2.11.1.3 METANOL.....	73
2.11.1.4 OTROS COMPUESTOS ALCOHOLICOS.....	73
2.11.2. ACIDOS Y ACIDEZ.....	74
2.11.2.1 ACIDO TARTARICO.....	74
2.11.2.2 ACIDO MALICO.....	75
2.11.2.3 ACIDO CITRICO.....	75
2.11.2.4 ACIDO SUCCINICO.....	75
2.11.2.5 ACIDO LACTICO.....	76
2.11.2.6 ACIDO ACETICO.....	76
2.11.2.7 ACIDEZ VOLATIL.....	77
2.11.2.8 ACIDEZ TOTAL Y pH.....	77
2.11.2.9 ACIDEZ FIJA.....	78
2.11.3. SALES.....	78

2.11.4. POLIFENOLES.....	79
2.11.4.1. ACIDOS FENOLICOS.....	80
2.11.4.2. FLAVONOIDES.....	80
2.11.4.3. CARACTERISTICAS DE LOS POLIFENOLES.....	82
2.11.5. SUSTANCIAS NITROGENADAS.....	83
2.11.6. VITAMINAS Y ENZIMAS.....	83
2.11.7. SUSTANCIAS VOLATILES Y AROMATICAS.....	83
2.11.8. AZUCARES.....	84
2.11.9. EXTRACTO SECO TOTAL.....	84
2.11.10. CENIZAS.....	84
2.12. COLOR DEL VINO.....	85
2.12.1. INTENSIDAD COLORANTE.....	85
2.12.2. TONALIDAD.....	86
2.13. EFECTO DEL MICROCLIMA EN LA COMPOSICION DEL VINO.....	87
3. MATERIALES Y METODOS.....	91
3.1. LOCALIZACION Y MATERIAL VEGETAL.....	91
3.2. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCION.....	91
3.2.1. LIRA.....	91
3.2.2. ESPALDERA.....	91
3.3. MEDICIONES A NIVEL VEGETATIVO.....	92
3.3.1. SEGUIMIENTO DEL DESARROLLO DE LOS SARMIENTOS.....	92
3.3.2. DETERMINACION DE LA SUPERFICIE FOLIAR DE LA HOJA MEDIA.....	92
3.3.3. DETERMINACION DE LA SUPERFICIE FOLIAR DE LOS SARMIENTOS.....	93
3.3.4. LONGITUD DE LOS SARMIENTOS EN EL METRO.....	93
3.3.5. CALCULO DE LA SUPERFICIE FOLIAR TOTAL POR METRO LINEAL.....	93
3.3.6. DETERMINACION DE LA SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA.....	94
3.3.7. ESTIMACION DEL NUMERO DE PLANOS DE HOJAS, PORCENTAJE DE RACIMOS Y HOJAS INTERNAS.....	94
3.4. ESTIMACION DE PROCESOS FISIOLÓGICOS.....	95
3.4.1. MEDICIONES DE LA ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA.....	95
3.4.2. ESTIMACION DEL POTENCIAL HIDRICO DE LAS HOJAS.....	96
3.4.3. DETERMINACION DEL COLOR.....	96
3.5. SEGUIMIENTO DE LA MADURACION.....	97
3.6. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD.....	97
3.6.1. PESO DE COSECHA.....	97

3.6.2. PESO DE PODA.....	97
3.7. MICROVINIFICACION.....	98
3.8. ANALISIS DEL VINO.....	98
3.9. ANALISIS ESTADISTICO.....	99
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	101
4.1. MICROCLIMA Y DENSIDAD DEL CANOPY.....	101
4.1.1. SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA.....	101
4.1.2. LONGITUD DE SARMIENTO.....	102
4.1.3. FACTORES QUE PERMITEN ESTIMAR LA SUPERFICIE FOLIAR TOTAL.....	103
4.1.3.1.SUPERFICIE FOLIAR POR SARMIENTO.....	104
4.1.3.2.ESTIMACION DE LA SUPERFICIE FOLIAR POR SARMIENTO MEDIANTE REGRESION LINEAL.....	105
4.1.3.3.ESTIMACION DE LA LONGITUD DE LOS SARMIENTOS MEDIANTE REGRESION LINEAL.....	106
4.1.4. SUPERFICIE FOLIAR TOTAL.....	107
4.1.5. NUMERO DE PLANOS DE HOJAS.....	109
4.1.6. PORCENTAJE DE HOJAS INTERNAS.....	112
4.1.7. PORCENTAJE DE RACIMOS INTERNOS.....	113
4.2. INDICADORES FISIOLÓGICOS.....	114
4.2.1. POTENCIAL HIDRICO.....	115
4.2.2. COLOR.....	117
4.3. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD.....	118
4.3.1. PESO DE COSECHA.....	118
4.3.2. PESO DE PODA.....	120
4.4. SEGUIMIENTO DE LA MADURACION.....	121
4.4.1. PESO DE BAYAS.....	121
4.4.2. SOLIDOS SOLUBLES.....	123
4.4.3. ACIDEZ TOTAL.....	125
4.4.4. pH.....	126
4.4.5. ANALISIS DE LOS DATOS DEL MOSTO.....	128
4.5. ANALISIS DEL VINO.....	129
4.5.1. GRADO ALCOHOLICO.....	129
4.5.2. ACIDEZ TOTAL.....	130
4.5.3. ACIDEZ FIJA.....	130
4.5.4. ACIDEZ VOLATIL.....	131
4.5.5. pH.....	131
4.5.6. EXTRACTO SECO.....	132
4.5.7. AZUCARES REDUCTORES.....	132
4.5.8. CENIZAS.....	132
4.5.9. ANHIDRIDO SULFUROSO LIBRE Y TOTAL.....	133
4.5.10. COLOR Y POLIFENOLES TOTALES.....	133

5. CONCLUSIONES.....	138
6. RESUMEN.....	141
7. BIBLIOGRAFIA.....	144
8. ANEXOS.....	153

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

CUADRO NUMERO:

1. Superficie foliar expuesta por metro de canopy y por hectárea	101
2. Superficie foliar total, por metro de canopy y por hectárea	109
3. Evolución del número de planos de hojas, en diferentes fechas y a diferentes alturas dentro del canopy	110
4. Evolución del porcentaje de hojas internas, en diferentes fechas y diferentes alturas dentro del canopy	112
5. Evolución de racimos internos, en diferentes fechas y a 80 cm de altura	114
6. Evolución del potencial hídrico de hojas, en tres momentos del día.....	117
7. Rendimientos de racimos, en el metro de canopy y en la hectárea.....	120
8. Evolución del peso de cien granos de racimos, al sol y a la sombra, en diferentes fechas.....	122
9. Evolución de la concentración de sólidos solubles, en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.....	123
10. Evolución de la acidez total, en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas	125
11. Evolución del pH, en racimos al sol y a la sombra en diferentes fechas	127
12. Características del mosto en relación con producción de uva y madera del año	129
13. Resultados del análisis químico de los vinos y sus significancias estadísticas.....	137

GRAFICA NUMERO:

1. Evolución de la longitud de sarmientos desde 24/11/95 hasta 8/3/96.....	102
2. Superficie foliar por sarmiento, real y estimada por regresión.....	106
3. Longitud de sarmiento, real y estimada por regresión.....	107
4. Evolución del número de planos de hojas, en diferentes	

fechas y diferentes alturas dentro del canopy	111
5. Evolución del porcentaje de hojas internas, en diferentes fechas y a diferentes alturas dentro del canopy	113
6. Evolución del potencial hídrico de hojas, en tres momentos del día	115
7. Evolución del peso de cien granos, al sol y a la sombra, en diferentes fechas.....	122
8. Evolución de la concentración de sólidos solubles, en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.....	124
9. Evolución de la acidez total, de racimos al sol , y a la sombra, en diferentes fechas.....	126
10. Evolución del pH, en racimos al sol y a la sombra en diferentes fechas	127
11. Concentración de compuestos polifenólicos en los vinos.....	134
12. Porcentaje de amarillo, rojo y azul en los vinos.....	136

1. INTRODUCCIÓN

El Uruguay tiene una gran tradición vitivinícola. Este rubro agroindustrial tiene más de 120 años de vida, pero la vid llegó antes a nuestro territorio. Las primeras vides llegaron al Uruguay de la mano de los colonizadores Españoles, a mediados del S. XVII, cuando empezaron a establecerse las primeras poblaciones.

Los S. XVII y XVIII, significaron para la historia vitivinícola del Uruguay una primera etapa dedicada solamente a la uva de mesa y elaboración de vino para consumo familiar. Fue a partir de 1830, cuando la vitivinicultura encontró el entorno adecuado para empezar a difundirse. En un primer período entre los años 1830-1870 se difundió muy lentamente, para luego emprenderse en mayor escala con fines de producción comercial.

En 1903 se promulgó la primera ley vitivinícola nacional.

En el año 1959 se logró la mayor extensión vitivinícola, con 19.000 hectáreas plantadas, pero en los últimos años la superficie ha ido disminuyendo. Según el censo nacional vitícola de 1994, la superficie total de viñedos abarca 10.435 hectáreas, de las cuales 9.473 hectáreas son de superficie total efectiva (88 % de ellas se encuentran en Canelones y Montevideo). Esto representa menos del 0,1 % de la superficie explotada total del país, y menos del 1,3 % del área agrícola.

Los viñedos contribuyen con más del 14 % del valor bruto del sector granjero; y en número de explotaciones granjeras, la vid ocupa el segundo lugar luego de los citrus.

Según la declaración jurada de cosecha efectiva 1996, se cosecharon 124.584.999 kilos de uva y un 96 % fueron transformados en 95.393.599 litros de vino, entre 150 bodegas habilitadas. El restante 4 % se vendió como fruta fresca.

La industria vitivinícola reúne a más de 50.000 trabajadores, y en 1996 el mercado del vino movilizó 169 millones de dólares.

Dentro de las principales viníferas tradicionales tenemos el *cv. Tannat* (Harriague), destacada por varias razones como la uva más representativa del vino uruguayo.

Este cultivar sufrió una disminución importante en su participación en la elaboración de vinos en los últimos años, debido a su arranquio por cuestiones de edad, o mezcla en viñedos tradicionales; pero actualmente se está registrando un crecimiento importante a través de numerosas cepas nuevas.

De las 9473 hectáreas en producción, el *cv. Tannat* constituye la *Vitis vinifera* más plantada, ocupando el 31 % de la superficie; con un total de 5.811.646 plantas y una producción de 14.119.287 kilos representa el 11,37 % de la producción total; siendo su promedio por planta de 2,43 kilos (declaración jurada cosecha efectiva 1996).

El *cv. Tannat* es originario de los Pirineos y se cultiva en Madiran, al sur-oeste de Francia.

Fue introducida al Uruguay en 1870 por P. Harriague.

Debido en parte a los logros de los vinos *Tannat* en concursos internacionales, es que Uruguay está ganando imagen internacional de país productor de vinos con personalidad.

El consumo de vino por habitante en Uruguay es de 31 litros por año, de los cuales 29 litros corresponden a vinos nacionales y 2 litros a vinos importados.

El porcentaje de participación de vinos uruguayos en el MERCOSUR, es de 3% y en el mundo es de 0,2%. Solo estos datos evidencian la necesidad de Uruguay, de orientar su producción de vino a los mejores niveles de calidad, para poder figurar con más peso en el contexto regional e internacional (INAVI 1996 documento técnico).

Según Smart (1994) en la producción de vino hay cuatro factores importantes a considerar: clima, suelo, cultivar y manejo del viñedo.

El sistema de conducción que según Champagnol (1984) corresponde a la disposición en el espacio de los órganos aéreos de una cepa o de un conjunto de cepas, es un elemento fundamental de la tecnología del manejo de los viñedos. Al modificar el microclima de la cepa se puede lograr mejor rendimiento, calidad y control sanitario. Es un factor que está estrechamente relacionado con el arreglo de la vegetación y con el microclima del canopy.

Branas (1970) afirma que, libre a ella misma, la viña salvaje, cuelga de acantilados o trepa a la copa de los árboles o arbustos; se refiere a la conducción cuando la viña doméstica es podada y atada.

Fregoni (1984) plantea que, desde la antigüedad, el modo de conducción evolucionó entre dos tipos extremos. Distingue el modelo etrusco, limitado al cultivo de la fruta

sobre viñas salvajes, y el modelo griego que consiste en parcelas ordenadas, con alta densidad, y con variedades elegidas por las condiciones cualitativas de sus frutos. En el curso de los siglos los dos tipos de conducción han ido evolucionando y contaminándose mutuamente.

En el presente, los modelos de conducción de la viña son numerosos y diferentes. Las características morfológicas, climáticas y biológicas que determinan la geometría de la cepa permite orientar nuestra elección.

Actualmente muchos investigadores afirman que sin lugar a dudas el sistema de conducción es un elemento fundamental de la tecnología del manejo de los viñedos. Este debe ser definido en función del objetivo planteado para la productividad y la calidad de la cosecha esperada; teniendo en cuenta el potencial que ofrece el medio ambiente. De los factores ambientales la luminosidad es el que más afecta a la cosecha de uva.

Smart (1973, 74, 76) probó que el sistema de conducción puede modificar notablemente el microclima lumínico del follaje e influir fuertemente sobre la producción de racimos. En consecuencia lo deseable es explotar al máximo la capacidad fotosintética del follaje y lograr la correcta exposición de los racimos a la radiación solar.

Dada la importancia que se le da a los sistemas de conducción el INRA viene estudiando su influencia sobre la calidad desde hace más de quince años, en diferentes suelos y con diferentes variedades y portainjertos.

Carbonneau (1980) comparó diez sistemas de conducción (entre ellos espaldera alta y lira) efectuando mediciones a nivel del microclima producido por cada uno y la calidad del vino obtenido (tanto químicamente como sensorialmente).

Castro *et al.* (1991) en un experimento de características ecofisiológicas de dos sistemas de conducción en el cv. *Cabernet-Sauvignon*, concluyeron que hay diferencias significativas entre lira y espaldera. Obteniendo un mayor rendimiento y mejores características organolépticas en el vino proveniente de la lira.

En Uruguay los productores vitícolas han reconocido la importancia de los sistemas de conducción. Esto se ve reflejado en la evolución que éstos han tenido a través del tiempo. En una primer instancia se pasa de la espaldera baja a la espaldera alta y actualmente se esta pasando de la espaldera alta a la lira, dado los resultados positivos observados en otras regiones.

Debido a la ausencia de un estudio sistemático en el país, que comprueben su superioridad para nuestras condiciones climáticas, es que se vio necesario el inicio de un estudio comparativo de los dos sistemas de conducción: lira y espaldera.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia que el sistema de conducción tiene sobre la producción, el vino y los parámetros fisiológicos del cv. *Tannat*.

Se plantea como hipótesis principal que el sistema de conducción en lira, proporciona una materia prima con mejores cualidades para la elaboración de vinos tintos.

Las siguientes hipótesis secundarias contribuyen a explicar las diferencias entre lira y espaldera:

1. lira mayor superficie foliar total y expuesta por metro que espaldera
2. lira menor número de planos de hojas y menor porcentaje de hojas internas por pared de follaje
3. lira menor porcentaje de racimos internos
4. lira mayor estrés hídrico
5. lira mayor productividad
6. el vino obtenido de la lira tiene mejor composición polifenólica.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.

2.1. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN.

2.1.1. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN

La vid dado su hábito de crecimiento (liana trepadora) no puede crecer satisfactoriamente sin alguna forma de sostén.

Hasta principios de mil novecientos veinte, algunos viñedos estuvieron siendo explotados sin sostén, pero los costos adicionales involucrados en la mano de obra y la operación de un viñedo en plantas mal formadas, fueron todos ellos factores de mayor peso que el costo de la estructura de sostén (Winkler, 1965).

Los sostenes necesarios son: transitorios y permanentes. Ambos hacen posible obtener rápida y económicamente una vid que no interfiera con el manejo del cultivo y otras labores del viñedo y que esté libre de los defectos y lesiones que disminuyen el vigor y la longevidad (Winkler, 1965; Noguera Pujol, 1972).

La conducción consiste principalmente en adecuar la forma de la planta a diferentes tipos de estructuras de sostén. Comprende ciertas prácticas que son complementarias de la poda y necesarias para darle forma a la vid.

Mientras la poda define el número y posición de las yemas que se desarrollan, la conducción define la forma y dirección del tronco, brazos, y la posición de los brotes desarrollados de yemas dejadas por la poda (Winkler, 1965; Riberéau-Gayon, 1971).

Noguera Pujol (1972) dice que al establecer un viñedo comercial, el propósito de la conducción es producir vides: a) con una forma que facilite el cultivo, el control de enfermedades e insectos, la poda, la cosecha b) que en consecuencia las plantas sean económicas en su mantenimiento y c) capaces de producir en la cantidad y calidad deseada.

Carbonneau (1995) dice que las mejoras en la calidad vitícola se deben dar a nivel de la enología y elección del material vegetal, pero fundamentalmente en la mejora del estado sanitario de los racimos y en su maduración.

Un problema de la viticultura es la irregularidad de un año a otro de la cantidad y sobre todo de la calidad de la vendimia, y una causa fundamental es la variación climática en el mismo año (acción sobre cuajado, envero, peso y maduración del racimo) y en el año precedente (acción sobre iniciación floral y acumulación de reservas).

El viticultor, para contrarrestar esto, una de las técnicas que tiene, es utilizar correctamente los sistemas de conducción; esto le permite mantener rendimiento y calidad dentro de límites aceptables. (Ribéreau-Gayon, 1971; Carbonneau *et al.* 1977).

Muchos autores coinciden en que el sistema de conducción constituye una de las técnicas más influyentes para orientar la producción de la viña; Carbonneau (1980), Shaulis (1984), Smart (1985), Castro *et al.* (1991), Schneider *et al.* (1989), Castro *et al.* (1991).

El sistema de conducción engloba un conjunto de técnicas vitícolas: densidad de plantación, orientación de filas, altura del tronco, tipo de poda, nivel de carga de yemas, agrupamiento del follaje, intensidad de soltura de la zona de racimos, equilibrio entre parte vegetativa y reproductiva (Carbonneau, 1980).

Carbonneau (1980) afirma que todos los sistemas de conducción están estrechamente relacionados a una determinada geometría de la vegetación. Este es a su vez dependiente de la fertilidad del suelo, del clima, la distancia de plantación, el portainjerto, variedad; estos factores condicionan de alguna manera el sistema de conducción.

Toda investigación que tienda a la búsqueda y ajuste de un sistema de conducción para poder ser aplicable a una determinada zona debe considerar no solo aquellas características agrológicas, sino que tiene que estar apoyada en aquellas bases fundamentales que toman en cuenta los principios universales relacionados directamente a la fisiología de la viña y que no pueden ser olvidados cuando el objetivo es producir con calidad (Smart, 1990).

Cada sistema implica un cierto arreglo de la vegetación en el espacio, por lo tanto conlleva a una determinada relación entre el canopy, y los factores del microclima tales como intercepción de la radiación, temperatura, humedad, velocidad del viento (Smart, 1990).

De los factores ambientales la luminosidad es el que más afecta a la cosecha de uva. En consecuencia lo deseable es explotar al máximo la capacidad fotosintética del follaje y

lograr la correcta exposición de los racimos a la radiación solar (Carbonneau *et al.* 1987; Balcar, 1977; Dokoozlian *et al.* 1995).

Carbonneau (1986) señala las modificaciones que se producen a nivel de la planta por el hecho de cambiar a un sistema de conducción que aumenta la actividad fotosintética (por ejemplo, de espaldera plana a lira). Ello provoca no solo un aumento del follaje sino también del tronco y de las raíces, pero éstos se dan siempre en la zona más próxima a la fuente que sintetiza y exporta (parte alta del tronco y ramificaciones de radículas).

De acuerdo a Carbonneau (1980, 86) el sistema de conducción resulta de la interacción de diferentes factores:

- 1- aquellos resultantes de las características propias de la explotación (socioeconómicas y mecanización) y
- 2- aquellos dependientes de las aptitudes y exigencias de la planta e impuestas por la necesidad de producir una cosecha de calidad.

Cargnello (1984) propone que los nuevos modelos de conducción surgen ante:

- 1- diferentes condiciones ambientales, varietales, y productivas (por la universalización del cultivo). Dichos modelos deben ser modificables fácilmente, rápida y racionalmente para adaptarse a diferentes exigencias
- 2- la necesidad de hacer un uso más racional de las condiciones ambientales, varietales y del espacio aéreo a nivel tridimensional
- 3- la urgencia de menores costos de implantación y conservación (labores culturales)
- 4- la búsqueda de modelos simples y menos exigentes en lo concerniente a las técnicas de conducción y culturales (cultivar a mano más fácil y más rápido, mecanización completa y racional, contrarrestar factores desfavorables del clima).

2.1.2. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN

Con una industria tan antigua y extendida como la del cultivo de la vid, no es sorprendente que se haya diseñado y empleado una gran variedad de formas de sostén (Branas, 1974).

Los sistemas de conducción han sufrido una evolución a lo largo del tiempo.

Según Ferraro Olmos (1983, 89) en Uruguay se comenzó con la espaldera baja (1.10 metros de altura y 3 alambres). Conjuntamente con este tipo de espaldera se adoptó el sistema de poda imperante en el exterior: el ideado por el Dr. Guyot.

Este sistema de poda, en sus dos versiones, con uno o dos cargadores fructíferos, es el más utilizado por los productores vitícolas uruguayos, tanto en cultivos para vinificación como para uva de mesa (Ferraro Olmos, 1989).

Este sistema de conducción en uva para vino en Uruguay, si bien tenía un costo de instalación y de conducción del follaje medio, tenía:

- 1- superficie aérea por hectárea, media a baja
- 2-intercepción y distribución de la luz, media a baja
- 3-mayor riesgo de heladas
- 4-incidencia de enfermedades, media a alta
- 5-producción y desarrollo potencial de la calidad media a baja

Según el censo vitícola de 1989 el 65 % de la superficie ocupada por viña tenía como sistema de conducción la espaldera baja y solo un 13 % y un 4 % de la superficie, estaba ocupada por espaldera alta y lira respectivamente.

Es importante destacar que los sistemas de conducción se han ido perfeccionando con la instalación de los nuevos viñedos con la intención de corregir errores y mejorar la optimización de aquellos factores que tienen una influencia directa en las características de la uva y el vino.

Una vez reconocidas por los productores las limitantes de este sistema, así como la necesidad de obtener un producto de mejor calidad que les permita seguir dentro de un mercado cada vez más exigente y competitivo, es que, parte de los productores, con el tiempo, fueron adoptando la espaldera alta.

En el sistema en lira, al elevar el tronco, la mayor distancia entre la tierra y el follaje, permite una mejor circulación del aire debajo del mismo, por lo que, cuando ha llovido, el terreno se seca más rápidamente, lo que contribuye a evitar la creación de un microclima favorable al desarrollo de los hongos *Plasmopara viticola* y *Botrytis cinerea*, así como a disminuir el riesgo de heladas (Schneider *et al.* 1993).

Aproximadamente en los últimos diez años y siempre en la búsqueda de mejorar y optimizar todos aquellos factores que conllevan a obtener una materia prima en cantidad y calidad deseada, los productores vitícolas han estado incorporando un nuevo sistema de conducción: la lira.

Carbonneau (1980) dice que existen tres corrientes principalmente sobre conducción en viñedos:

- 1- una son los partidarios de las viñas tradicionales (porte bajo y alta densidad de plantación) apoyándose en las regulaciones de apelación
- 2- los partidarios de viñedos altos, con menor costo de implantación
- 3- los investigadores que tratan de medir y explicar el potencial cualitativo real de

los sistemas de conducción para diferentes cepajes y territorios.

Carbonneau (1980) concluye que:

- a) las viñas tradicionales estrechas no pueden ser consideradas como la mejor referencia cualitativa, estando las plantas por debajo de su potencialidad
- b) las viñas altas clásicas no aportan progreso a nivel cualitativo
- c) las viñas en lira pueden permitir el salto cualitativo de la viticultura (con costos inferiores a los viñedos tradicionales y semejantes a los viñedos altos).

2.1.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN.

La viticultura moderna tiende a proporcionar a las plantas mayor altura y espacio vital (expansión foliar), disminuyendo para ello la densidad de cepas por hectárea, con lo cual se consigue una menor competencia entre ellas. Las raíces al aumentar el área de penetración y extensión, permiten la obtención de una más amplia masa foliar y una mayor producción unitaria con menor costo (Noguera Pujol, 1972).

Dos de los sistemas que están siendo más utilizados a nivel nacional e internacional en las nuevas plantaciones son la espaldera alta vertical y la lira abierta.

2.1.3.1. ESPALDERA ALTA VERTICAL

Es un ejemplo de canopy no dividido, desarrollado o adoptado en lugares donde hay un alto riesgo de enfermedades fúngicas y heladas. Mantiene el follaje lejos del suelo, facilitando el manejo sanitario y la poda.

Consta de postes de 2.90 metros de largo, los cuales tienen 0.80 metros enterrados y 2.10 metros sobre la superficie en forma vertical; y están atravesados por 4 alambres horizontales, el primero a 0.90 metros del suelo, el segundo a 1.20 metros, el tercero a 1.60 metros y el cuarto a 2.05 metros del suelo.

Las filas se encuentran a una distancia de 2.5, 2.8, o 3.0 metros y las plantas a 1.0 - 1.2 metros entre sí.

La altura del tronco es de 0.9 metros y la poda que se realiza es principalmente Guyot doble (en algunas variedades se utiliza la poda Royat); y los brotes se guían en forma ascendente, concentrándose la zona fructífera entre los 0.8-1.20 metros de altura.

La ventaja de este sistema es que facilita la cosecha mecánica y con algunas modificaciones puede ser convertido para mecanizar la poda de invierno. Se facilita también la remoción de hojas, las pulverizaciones en la zona de las frutas y la poda. Este sistema se adecua al hábito de crecimiento de la mayoría de las *Vitis viniferas*.

Como desventaja, es propenso al sombreado, por lo tanto no se adecua a variedades con alto vigor y sitios de alto potencial. Otro inconveniente es que la densidad de los brotes es normalmente alta (ver anexo figura 1).

2.1.3.2. LIRA ABIERTA

El sistema en lira fue propulsado por el Dr. Carbonneau en el INRA. Los primeros resultados fueron publicados en 1978 y con la ayuda de una maquina diseñada específicamente para la cosecha en 1989, su adopción se incrementó.

En el Uruguay este sistema viene desarrollándose en los últimos diez años, existiendo en la actualidad 460 hectáreas (Censo Nacional Vitícola 1994) con este modelo de conducción.

Se parte de un poste al cual se le agrega desde la parte media, un poste más pequeño a 65° sobre la horizontal hacia cada lado, simulando un triángulo invertido.

La estructura tiene 0.80 metros bajo tierra y 2.20 metros de altura.

El primer alambre se sitúa en el medio del poste principal a 0.90 metros de altura y el resto de los alambres atravesando los postes inclinados a 1.10, 1.35, 1.70 y 2.15 metros sucesivamente.

Las filas se distancian entre 3.0 y 3.30 metros y las plantas 1.0 a 1.20 metros entre sí.

Las plantas se podan a Guyot doble y la altura del tronco es de 0.90 metros, guiando los pámpanos en forma ascendente y hacia cada lado formando dos paredes de follaje. La separación de las dos paredes debe ser por lo menos de 0.60 metros en la base y 1.40 metros en la parte superior (llamada boca de la lira) (ver anexo figura 2).

Este sistema tiene una serie de ventajas: con relación al follaje, mayor intercepción de radiación y mayor relación follaje/raíz, racimos más expuestos (por lo tanto mejor iluminados, mas color, mas ventilados, menos ataque de hongos, más fáciles de cosechar, etc.); mayor cantidad de reservas en su madera vieja, que permite una mejor alimentación durante la floración, disminuyendo los problemas de corrimiento (Carbonneau, 1984).

2.2. CANOPY DE LA VIÑA

Según Carbonneau (1975) y Smart (1990), el canopy de la viña esta formado por peciolo, tallo, brotes laterales zarcillos, fruta, tronco y brazos.

El canopy puede ser continuo o discontinuo. En el primer caso el follaje de las viñas adyacentes se entremezcla en la fila; en el segundo caso el canopy de cada viña individual esta dividido en discretas paredes de follaje.

El manejo del canopy incluye una variedad de técnicas que alteran la posición y el numero de frutos y brotes en el espacio. Es decir es la manipulación del microclima (Smart *et al.* 1985). Dentro de estas técnicas podemos encontrar:

- 1-poda de invierno(que afecta la futura localización y densidad de los brotes)
- 2-remoción de hojas próximas al racimo
- 3-cambio de los sistemas de conducción (que son típicamente diseñados para aumentar el área foliar o la superficie expuesta y reducir la densidad).

Los beneficios del manejo del canopy son: mejor calidad del vino, mejor rendimiento del viñedo y menor incidencia de enfermedades (Smart *et al.* 1990; Castro *et al.* 1991; Schneider *et al.* 1993).

Según Tardaguila *et al.* (1993), con una gestión eficaz del follaje o canopy, entendido esto como el sistema de hojas y frutos de la planta, y su conjunto de técnicas que permiten modificar el equilibrio vegetativo-productivo, la posición y número de hojas y frutos y por lo tanto las condiciones microclimaticas, es posible incrementar la calidad y/o el rendimiento, mantener un buen estado sanitario y reducir los costos de producción, sobre todo incrementando la mecanización.

2.2.1. DENSIDAD DEL CANOPY

El análisis del crecimiento y desarrollo de los brotes, así como mediciones del área foliar y del numero de planos de hojas, contribuyen a describir algunos de los componentes críticos que conforman el canopy y su densidad (Smart, 1990; Reynolds, 1994).

2.2.1.1. NÚMERO DE PLANOS DE HOJAS

Smart (1985, 88), Lissarrague *et al.* (1991) mostraron como las capas de hojas internas y externas interceptan la luz de forma diferente; por lo tanto son muy importantes los estudios sobre las capas de hojas optimas en los sistemas de conducción.

Smart *et al.* (1991) han propuesto algunas técnicas rápidas, baratas y fáciles de aplicar, como el método del “point quadrat”. Este método da una descripción cuantitativa de la distribución de la fruta y las hojas en el espacio, la proporción de hojas y de frutos que están en el interior y exterior del canopy y también permite estimar el numero de planos de hojas.

Esta técnica, consiste en perforar la pared de follaje, con la ayuda de una varilla metálica, anotando los contactos sucesivos con las hojas y racimos, en la ficha correspondiente. Se realizan de 50 a 100 inserciones por parcela, perforando al azar la superficie del follaje o solo en la zona productiva para analizar las condiciones ecofisiológicas en que se encuentran los racimos.

Las mediciones en las paredes del follaje es necesario realizarlas en zonas; Carbonneau (1980) dice que es importante replantearse la teoría del microclima homogéneo; y agrega que cuanto más denso un sistema de conducción, más heterogéneo el microclima. Por esto en cada sistema de conducción se deben realizar varias mediciones, dividiendo cada pared de follaje en cuatro zonas: 2 superiores (este y oeste) y 2 inferiores (este y oeste).

Martin (1979) mostró que los mayores rendimientos se obtienen con índices de superficie foliar entre 4 a 5 planos de hojas por pared de follaje (para espaldera alta vertical).

2.2.1.2. SUPERFICIE FOLIAR TOTAL Y SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA.

Otros factores importantes son la superficie foliar total de hojas en la planta o cultivo y la superficie foliar expuesta, que es la suma de la superficie de todas las hojas que reciben radiación solar en forma directa (Gardner *et al.* 1985).

Es deseable una superficie foliar bien compuesta y con un fuerte crecimiento en primavera para que los pámpanos tengan buen desarrollo en el envero (Tardaguila *et al.* 1993).

Un déficit en hojas provoca una mala utilización de las posibilidades fotosintéticas, por lo tanto perdidas en la productividad potencial (Martin, 1976). La acumulación de

azúcares en los frutos depende en gran medida de la superficie foliar eficiente durante el periodo entre el cuajado y la vendimia (Oreglia, 1979).

Variando el sistema de conducción es posible modificar la superficie foliar total y superficie foliar expuesta (Tardaguila et al. 1993).

La superficie foliar expuesta es un buen índice de la potencialidad fotosintética (capacidad potencial para producir azúcares) del sistema de conducción, por esta razón ha sido usada para la evaluación de los diferentes sistemas de conducción por numerosos investigadores (Carbonneau *et al.* 1987; Smart *et al.* 1991; Tardaguila *et al.* 1991).

La superficie foliar expuesta se utiliza a fin de explicar el nivel de calidad y es actualmente el parámetro arquitectónico más simple y más pertinente en relación con la calidad (Carbonneau, 1995).

En ensayos realizados entre los años 1982 y 1991 sobre los *cv. Chasselas* y *Gammay*, se explican las variaciones del tenor de azúcar de los racimos por la relación existente entre superficie foliar expuesta de la cobertura por kilo de racimo. Se vio que se necesitan en promedio 1 metro cuadrado de cobertura vegetal (superficie foliar expuesta potencial) por kilo de racimo para obtener un tenor en azúcar suficiente en los mostos (Murisier *et al.* 1995).

Dokoozlian *et al.* (1995) vieron que la densidad del canopy es menor cuando el área foliar total es menor a 4 metros cuadrados por metro de canopy.

Carbonneau (1980) comparando lira contra espaldera, bajo idénticas condiciones, obtuvo una superficie foliar total de 22.300 metros cuadrados por hectárea en la espaldera y 25.600 metros cuadrados por hectárea en la lira, y una superficie foliar expuesta de 13.600 metros cuadrados por hectárea para la espaldera y 18.100 metros cuadrados por hectárea para la lira.

2.2.1.3. SUPERFICIE FOLIAR POR SARMIENTO

Tardaguila *et al.* (1993) dicen que el cálculo de la superficie foliar se puede realizar por medios electrónicos o contando las hojas de unos 20 pámpanos representativos de la parcela (superficie foliar principal, y sus correspondientes nietos, superficie foliar secundaria) y estableciendo una relación superficie/peso foliar de unos 30 discos foliares de área conocida y multiplicado por el peso de esas 30 hojas. Este valor de superficie media se calcula para las hojas de los pámpanos así como para las hojas de los sarmientos.

Martin (1979) establece para Tannat:

- proporción del limbo frente al peso total de la hoja = 82,4 %
- superficie específica respecto al peso del limbo = 4,813 metros cuadrados por kilo.
- superficie específica respecto al peso de hoja = 3,965 metros cuadrados por kilo.

2.2.1.4. SARMIENTOS

2.2.1.4.1. EVOLUCIÓN Y CRECIMIENTO DE LOS SARMIENTOS

El crecimiento temprano de los brotes depende de las reservas almacenadas en la viña. En la primavera la demanda de crecimiento es tal que obliga a movilizar y utilizar las reservas de almidón de años anteriores. Hay una gran importancia de la fotosíntesis del año anterior, que si fue escasa (por ejemplo por ataques de peronospora tardía) repercute en el brotado del año siguiente, pudiendo llegar a morir los brotes (Winkler, 1965; Noguera Pujol, 1972; Champagnol, 1984; Smart, 1985).

Al comienzo, el crecimiento del brote es lento y es resultado de la formación de células nuevas y de su agrandamiento. La formación de éstas para el crecimiento en longitud se localiza en la punta del brote, donde el tejido meristemático predomina (Winkler, 1965; Macías Hernandez, 1993).

A medida que aumenta la temperatura, los brotes se elongan rápidamente. Después de 3 o 4 semanas, el período del ciclo de crecimiento más rápido se inicia y se dice que llegan al gran período de crecimiento.

Al momento de la floración, posiblemente como resultado de la competencia momentánea por alimentos, pero probablemente debido a la actividad enzimática, el alargamiento rápido de los brotes disminuye.

La elevación del nivel de hidratos de carbono por un breve período, indica que la causa más probable de esto, es la actividad enzimática.

Al comienzo la disminución de la velocidad de crecimiento es muy rápida y después se mantiene con una velocidad más lenta hasta el fin del ciclo (Winkler, 1965; Champagnol, 1984; Reynolds *et al.* 1994).

2.2.1.4.2. DETENCIÓN DEL CRECIMIENTO

Cuando el desarrollo de la planta está suficientemente avanzado, las hojas viejas son numerosas en comparación a las hojas jóvenes, el crecimiento se enlentece y luego se detiene. El ápice se deseca y cae. Esto puede suceder en una rama de 6 metros o 10 centímetros y con 40 hojas adultas de 2 decímetros cuadrados o 4 hojas adultas de 0.25 decímetros cuadrados (extremos para vides muy vigorosas y vides abandonadas varios años).

La producción de hojas y brotes es importante porque las hojas son las grandes responsables de la creación del sombreado dentro del canopy de la viña (Smart *et al.* 1990). El efecto de la intensidad lumínica sobre el crecimiento del brote actúa por la activación de las auxinas-oxidadas, que degradan la auxina sintetizada por los ápices de las ramas y evitan la elongación excesiva de los tallos que se observa sobre las plantas etioladas (Champagnol, 1984).

Con frecuencia mientras la fruta madura la punta del brote crecerá lento o parará de crecer. Sin embargo bajo condiciones de alto vigor y con viñedos sobre suelos bien abastecidos con agua y nitrógeno, los brotes pueden continuar creciendo hasta después de la cosecha (Carbonneau *et al.* 1987; Smart *et al.* 1990).

Tardaguila *et al.* (1993) dicen que el reparto de fotosintatos debe ser equilibrado entre el crecimiento de los pámpanos y de las frutas, y que debe existir un equilibrio entre superficie foliar y la producción.

La viña no cesa de crecer completamente como lo hacen los árboles al formar yemas terminales. Por el contrario, los brotes de la vid nunca forman yemas terminales, pueden aumentar su velocidad de crecimiento en cualquier época si hay calor suficiente, abundancia de humedad en el suelo, y abastecimiento de nutrientes (Winkler, 1965; Branas, 1974).

2.2.1.4.3. VIGOR DE LOS SARMIENTOS

Brotes con alto vigor crecen rápidamente, tienen grandes hojas, entrenudos largos, son gruesos y tienen crecimiento lateral activo y muchos nudos.

Hay que tener en cuenta que los pámpanos vigorosos tienden a producir una gran cantidad de nietos, provocando una situación no deseable (desequilibrio hacia la parte vegetativa). De forma opuesta, los pámpanos demasiado débiles (cortos y finos) tienen

una insuficiente área foliar para garantizar una buena maduración (Champagnol, 1984, Smart *et al.* 1990).

Cuando la punta del brote es removida, el crecimiento lateral cercano al corte es estimulado. Brotes de alto vigor pueden crecer hasta más de 4 metros de longitud si no es despuntado, brotes de bajo vigor pueden parar de crecer temprano en la estación y no alcanzar más de 1.5 metros (Smart *et al.* 1990).

El crecimiento de los brotes es estimulado cuando la viña es podada en invierno a pocas yemas y si se los conduce hacia arriba, y es retrasado si son conducidos hacia abajo (Reynolds *et al.* 1994).

Es bien conocida la relación entre el crecimiento de las raíces y el crecimiento de los brotes. Una viña que tiene un sistema radicular saludable y grande producirá un sistema de brotes extensivos, tal viña si es podada muy severamente en invierno (40 yemas) producirá brotes muy vigorosos y también desarrollara muchos chupones resultando un canopy poblado (Barbagallo *et al.* 1993; Reynolds *et al.* 1994).

Condiciones de suelo pobre o presencia de patógenos tales como filoxera o nemátodos restringen el crecimiento radicular. En consecuencia con un sistema radicular pequeño tales viñas tienen brotes con crecimiento reducido (Carbonneau *et al.* 1987).

Hay también un balance entre crecimiento de brotes y crecimiento de frutos. Por ejemplo si los racimos tienen un pobre número de bayas el vigor del brote es estimulado. Viñedos con alto vigor en sistemas de conducción restrictivos pueden muy rápidamente entrar en un ciclo de crecimiento vegetativo el cual favorece el crecimiento de los brotes sobre la producción de frutos (Smart *et al.* 1990).

El sombreado, deprime el proceso individual que afecta el crecimiento, por lo tanto el peso de la cosecha por brote es bajo.

En respuesta al bajo rendimiento, el crecimiento vegetativo está además favorecido y los planos de sombreado se incrementan, por lo tanto el ciclo vicioso de crecimiento vegetativo es perpetuado.

El ciclo del crecimiento vegetativo puede ser roto si el sombreado en el canopy es reducido. El incremento de la luz en el canopy estimula procesos, los cuales incrementan el rendimiento por brote. Entonces la competencia con el racimo restringe el crecimiento de brote y la densidad del canopy puede ser reducida (Smart *et al.* 1990).

Carbonneau (1976) dice que hay muy buena correlación ($r = +0,95$) entre longitud del sarmiento y superficie foliar y entre longitud de sarmiento o superficie foliar con el número de hojas expuestas ($r = +0,91$).

Con relación al aporte de carbohidratos de los sarmientos a los racimos, tenemos que, si una rama fructífera esta en la oscuridad, los racimos son alimentados por las ramas vecinas. Si la parte basal y media de una rama esta sombreada, se alimenta a expensas del ápice (Champagnol, 1984).

Con relación al desarrollo del sarmiento, tenemos que los fotosintatos producidos en la parte basal del sarmiento se traslocan siempre hacia el racimo. Los fotosintatos producidos en el tramo apical del sarmiento, no son exportados. El racimo se convierte en la fosa definitiva para los fotosintatos producidos en el tramo medio del sarmiento después del cuajado. Durante el cuajado el racimo acusa mayor intensidad de crecimiento.

Balcar (1980) lo sintetiza así:

- 1- prefloración (60 centímetros) = 30 centímetros desde el ápice no exporta
- 2- cuajado (90 centímetros) = 60 centímetros desde el ápice no exporta
- 3- premaduración (190 centímetros) = 63 centímetros desde el ápice no exporta
- 4- maduración (240 centímetros) = 80 centímetros desde el ápice no exporta

2.2.2. MICROCLIMA DEL CANOPY

Varios investigadores han notado un fuerte efecto del clima en el rendimiento y la calidad de los viñedos (Smart *et al.* 1991).

Para comprender este efecto es necesario distinguir entre tres niveles de clima basados en las ideas de Geiger, climatologo alemán citado por Salisbury (1992):

1-Macroclima: o clima regional; típicamente la escala es diez kilómetros, dependiendo de la topografía u otros factores geográficos.

2-Mesoclima: o clima local.

3-Microclima: es el clima dentro e inmediatamente cercano al canopy de una planta. Mediciones del clima muestran diferencias entre valores dentro del canopy y aquellos inmediatamente encima de este.

El sistema de conducción actúa sobre la planta alterando la luminosidad, temperatura, agua, concentración de CO₂, vapor de agua, corrientes de aire, y por lo tanto, al modificar estos factores, se estará afectando el microclima de la planta (Carbonneau 1980; Smart, 1985).

El manejo de la conducción mediante los diferentes sistemas al permitirnos modificar el microclima, posibilita influir sobre aspectos sanitarios, rendimientos, vigor de las cepas, producción de racimos y calidad del mosto obtenido (Carbonneau, 1980)

El comportamiento fisiológico de la planta está notablemente influenciado por la disposición de la vegetación en el espacio (Tardaguila *et al.* 1993). Modificando el sistema de conducción estaríamos regulando las condiciones ecofisiológicas de la cepa, optimizando el microclima del follaje y racimos y fundamentalmente la captación de energía, y el aporte de sustancias elaboradas entre los diferentes órganos de la planta (Tardaguila *et al.* 1993)

2.2.3. MICROCLIMA DEL CANOPY Y DENSIDAD

El microclima es esencialmente dependiente de cuan denso sea el canopy. Es necesario entonces considerar como cada uno de los elementos del clima son afectados por la densidad del canopy (Lissarrague *et al.* 1991).

De los factores ambientales que inciden sobre la planta y el cultivo la radiación solar ocupa un lugar muy importante.

La irradiación es una medida física de la proporción de la luminosidad interceptada y absorbida por la cubierta vegetal. Esta intercepción es prácticamente total en cultivos con densidades muy altas o también en el parral cuando este tiene un desarrollo total, no existiendo prácticamente pasaje de los rayos solares al suelo (Salisbury, 1992).

La intensidad lumínica recibida por una planta, estará afectando fundamentalmente la fotosíntesis, el balance hídrico, la transpiración y el crecimiento de la planta a través de su influencia sobre las auxinas. Es así que plantas que crecen a la sombra presentan crecimiento mas débil que aquellas que crecen al sol, por lo tanto presentan menor contenido de azúcar (Champagnol, 1984).

La búsqueda del óptimo aprovechamiento de la luz solar por medio del sistema de conducción es muy importante.

La intercepción de la luz solar por el canopy de los viñedos depende de la interacción entre la radiación solar, fluxes, posición solar, forma del canopy, tamaño y orientación (Smart, 1994).

La captación de luz por la planta se realiza por intermedio de las hojas y está determinada por la densidad del follaje cercano que filtra los rayos solares incidentes hasta su nivel de hojas, por el sombreado de los planos del follaje vecino caracterizado por su altura, por la inclinación del follaje respecto al plano horizontal (lo mejor es entre 45 a 90 grados con respecto a la horizontal) y por la orientación de las filas en relación al eje norte-sur ya que esta dirección de las hileras permite conseguir el

máximo de luz solar activa (no la mayor intensidad calorífica), beneficiosa para la vegetación y la fructificación (Noguera Pujol, 1972; Carbonneau, 1980).

Es importante que las hojas productivas (adultas) estén convenientemente iluminadas. Cuando la radiación solar llega a una hoja, una parte es reflejada (10 %), otra parte es transmitida (10 %), y el resto (80 %) es absorbido. Esta energía es utilizada para reemisión en forma de infrarrojo y utilización en la transpiración, convección y fotosíntesis. Las hojas no sometidas a la radiación directa reciben una cantidad de energía lumínica proveniente de radiación difusa, reflexión por el suelo y vegetación adyacente, y de la transmisión a través del follaje directamente iluminado (Champagnol, 1984).

Según estudios realizados por Balcar (1980), con 1000 luxes, la planta absorbe la misma cantidad de azúcares que necesita para la respiración. Estas cifras son de importancia fundamental para la vid. Solo la capa de hojas exteriores es iluminada con pleno sol. La capa exterior de hojas absorbe alrededor del 90 % de la luz, de manera que para la capa foliar subyacente queda en disposición solo el 10% de la luz incidente y por consiguiente se forman azúcares en cantidades menores, aproximadamente 30 %, y para la tercera capa foliar quedan solamente 1000 luxes (1 % de la radiación incidente en la primera capa).

Algunos autores, plantean que la captación de luz de las hojas sombreadas en segundo y tercer plano, es igual a la de las expuestas al sol. Esto ocurriría según Kriedeman (1987) por la importancia de la luminosidad intermitente, promovida por el movimiento del follaje a influjos del viento.

Según estudios de Smart (1988), en una espaldera, la cuarta capa de hojas (a 20 centímetros de la superficie) tiene todavía una intensidad apreciable de 2,5 miligramos de CO₂ por decímetro cuadrado por hora (1/10 del máximo observado con luminosidad óptima). Las hojas situadas entre la quinta y décima capa de profundidad, reciben 3 watt por metro cuadrado lo que las ubicaría en el punto de compensación lumínico.

Debido a la importancia de la energía lumínica y a su efecto sobre la cantidad y calidad de la vendimia es necesario su captación eficiente por el cultivo. Esta dependerá del sistema de conducción, que estará determinando la superficie foliar expuesta y total, así como el número de planos de hojas.

2.3. FISIOLÓGÍA DE LA VIÑA.

2.3.1. CICLO ANUAL DE LA VIÑA

La primera quincena de agosto comienza el lloro de la vid (síntoma de que la planta está en actividad). A principios de septiembre ocurre el desborre y comienza el período vegetativo de la planta que llegará hasta fines de mayo y durante el cual la superficie foliar debe mantenerse sana y eficiente.

La vid al principio de la primavera no apresura su crecimiento como lo hacen muchos árboles frutales de hoja caduca, sino que permanece inactiva, hasta que la temperatura media diaria llega a ser de 10 grados centígrados (Branas, 1974).

Al principio el crecimiento del brote es lento pero a medida que aumenta la temperatura, se elonga más rápidamente. El crecimiento temprano del brote depende de las reservas almacenadas en la viña. Previo a la floración se da un crecimiento acelerado de los brotes (llegando en variedades vigorosas a más de 2,5 centímetros por día), apareciendo una hoja nueva sobre cada rama, cada dos días (Macías Hernández, 1993).

La localización y la variedad determinan cuando ocurre la floración, usualmente 30 - 80 días luego del desborre cuando la temperatura media oscila entre 16 - 20 grados centígrados. En nuestras condiciones esto ocurre la primer quincena de noviembre. Durante la floración el alargamiento rápido de los brotes se reduce. Las hojas medias y basales de los brotes, estarán totalmente desarrolladas y produciendo más materiales alimenticios que los que ellas utilizan (Winkler, 1965).

El desarrollo de las bayas comienza con el cuajado (segunda quincena de noviembre) y finaliza con la cosecha, período que dura de 70-140 días, dependiendo de la variedad y localización, ocurriendo en el *cv. Tannat*, la primer quincena de marzo (Ferraro Olmos, 1983).

A fines de enero, principios de febrero se da el envero, momento en el cual las bayas cambian de un estado verde y duro a uno coloreado y blando. Esta transición comienza con la acumulación brusca de azúcar en las bayas (Ribéreau-Gayon, 1971; Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

Finalizando enero, por problemas hídricos, se va reduciendo la fotosíntesis, y poco a poco se va reduciendo el crecimiento. De principio de febrero en adelante se prioriza la

respiración, maduración de bayas y reconstitución de reservas, resultando en una detención del crecimiento.

En marzo cuando las bayas alcanzan su madurez se realiza la vendimia o cosecha. A fines de mayo se da la caída de hojas (Ferraro Olmos, 1983).

2.3.2. FOTOSÍNTESIS

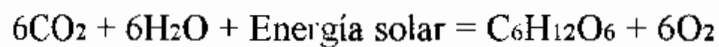
La fotosíntesis es el proceso metabólico primario de cualquier ecosistema (Percy, 1987).

Según Smart *et al.* (1991) la fotosíntesis es el proceso por el cual la energía del sol (que es convertida en energía química con alto grado de eficiencia) es usada por el tejido verde de la planta para convertir el CO₂, en azúcar.

Según Champagnol (1984) la fotosíntesis es la reducción del CO₂ atmosférico al estado de glúcido, gracias a la energía lumínica captada por los pigmentos. Esta energía es transformada en energía química en el transcurso de dos series de reacciones fotoquímicas:

- 1- reacción de Hill o fotólisis del agua, que termina en la reducción de coenzimas y en la liberación de oxígeno.
- 2- fosforilación fotosintética. La energía lumínica es acumulada bajo formas de enlaces fosfóricos ricos en energía: ADP+Pi = ATP.

En el proceso fotosintético, los plástidos verdes usan la energía solar para descomponer el agua y liberar oxígeno, mientras que el hidrógeno de la misma se combina con el CO₂ para producir hidratos de carbono. Este proceso es con frecuencia representado por la fórmula:



El CO₂ es obtenido directamente del aire. Entra a las hojas a través de sus estomas por difusión. Este proceso es una simple difusión de gases, de la alta concentración de CO₂ en la atmósfera, hacia la baja concentración en el aire de los espacios intercelulares del interior de las hojas (Salisbury, 1992).

El producto primario de la fotosíntesis, es el azúcar, que es el alimento básico del cual son sintetizados todos los otros alimentos en la naturaleza, tanto en las plantas como en los animales.

Del azúcar manufacturado parte de ella es empleada directamente como alimento en el proceso de la respiración. El azúcar que no es usado inmediatamente en su mayor parte, es transformado en otros hidratos de carbono: fructosa (uva madura), almidón (almacenamiento), celulosa y hemicelulosa (materiales de construcción). El azúcar no empleada para alimento u otros hidratos de carbono puede utilizarse en proteínas, grasas u otros compuestos.

La fotosíntesis depende de la cobertura vegetal (de la superficie foliar y de como está distribuida), por lo tanto los sistemas de conducción más densos (por ejemplo espaldera) tienen menor fotosíntesis por estar muy sombreados (Carbonneau, 1980).

Los órganos encargados de captar la luz y aprovecharla en un proceso físico-químico son las hojas (además de asimilar el CO_2) de allí la importancia de éstas y su estado sanitario en la producción final de la planta (Martín, 1979).

Dentro de las hojas se encuentran los cloroplastos, organelos responsables del proceso fotosintético. Cada cloroplasto está rodeado por un sistema de doble membrana o envoltura que controla el tránsito de moléculas. En el interior del cloroplasto se encuentra un material amorfo, gelatinoso y rico en enzimas, que convierte el CO_2 en carbohidratos, en especial almidón (Salisbury, 1992).

Fotosíntesis neta: es igual a la masa de azúcares fotosintetizados (fotosíntesis bruta) menos la cantidad consumida por la respiración y transformada en energía, CO_2 y agua. Esto es entonces la cantidad de azúcar utilizada en la materia seca total (Champagnol, 1984).

2.3.2.1. FACTORES QUE AFECTAN LA FOTOSÍNTESIS.

Muchos factores influyen en la fotosíntesis: agua, CO_2 , luz, nutrientes y temperatura, así como edad y genética de la planta (Salisbury, 1992)

2.3.2.1.1. FACTORES CLIMÁTICOS

2.3.2.1.1.1. Luz

La capacidad fotosintética foliar varía según la especie, disponibilidad de agua, temperatura y fundamentalmente según la luz (Salisbury, 1992).

La luz limita la fotosíntesis; se demuestra por la disminución en las tasas de fijación del CO₂ cuando las plantas se exponen a sombras de corta duración causadas por nubes. La máxima fijación de CO₂ se presenta hacia el mediodía, cuando la irradiancia está en su punto más elevado.

Para entender cómo la luz afecta la tasa de fotosíntesis, primero hay que examinar cuánta energía luminosa proporciona la luz del sol.

La cantidad de luz solar (irradiancia total), en el límite superior de la atmósfera, es 1360 watt por metro cuadrado (la constante solar que incluye la longitud de onda ultravioleta a infrarrojo). Cuando esta radiación atraviesa la atmósfera gran parte se pierde por absorción y dispersión causadas por vapor de agua, CO₂ y polvo, por lo que solo 900 watt por metro cuadrado alcanzan a las plantas (dependiendo de la hora del día, época del año, elevación y latitud). De los 900 watt por metro cuadrado un 4 % corresponde a luz ultravioleta (290 nanómetros - 400 nanómetros), 54 % de luz visible (400 nanómetros - 700 nanómetros), y un 42 % a infrarrojo (> 700 nanómetros) (Salisbury, 1992).

Smart (1985) dice que debido a los efectos de latitud, los siguientes factores influyen sobre la cantidad de radiación solar recibida en un día: ángulo de incidencia de los rayos solares sobre el lugar, longitud del día, cantidad de atmósfera atravesada y el número de partículas en la atmósfera.

La actividad fotosintética presenta un máximo de actividad en cada uno de los extremos del espectro de luz (Champagnol, 1984).

Cuando la energía se expresa en unidades de energía watt o juls por segundo, esta radiación se conoce como PAR (radiación fotosintéticamente activa).

Según Smart (1990) la intensidad de la luz solar es comúnmente medida en unidades que corresponden a la habilidad de la planta para usar la luz en la fotosíntesis. La intensidad es con frecuencia llamada PAR y las unidades son cantidad de energía por unidad de área por unidad de tiempo.

La calidad de la radiación recibida depende de la temperatura de la fuente emisora (sol 6000 grados Kelvin) (Champagnol, 1984).

Cuando se habla de reacciones fotoquímicas como la fotosíntesis, con frecuencia se expresa la cantidad de luz como el número de fotones en el intervalo de longitud de onda en consideración (para la fotosíntesis 400 - 700 nanómetros). Expresada de esta forma la cantidad efectiva de luz en la fotosíntesis se conoce como FFF (flujo fotónico fotosintético) cuyas unidades son moles de cuantos por metros cuadrado por segundo. La luz solar se encuentra en el intervalo micromolar por lo que en un día despejado de verano equivale a entre 2000 a 3000 micromol por metro cuadrado por segundo (Salisbury, 1992).

La irradiancia varía dentro de cualquier cobertura vegetal. Del 80 al 90 % del FFF lo absorbe una hoja representativa del dosel si bien este valor varía con la edad y estructura de la hoja. El resto en su mayor parte longitud de onda del verde y del rojo lejano se transmite a hojas inferiores o al suelo, o se refleja a los alrededores. De la radiación que se absorbe y que tiene la capacidad potencial de inducir fotosíntesis es común que más del 95 % se transforme en calor. Así durante la fotosíntesis se captura menos del 5 %.

Smart *et al.* (1990) afirman que valores de intensidad de luz solar en el centro de un canopy denso pueden ser menores que 10 micro Einstein por metro cuadrado por segundo, sin embargo valores sobre el canopy están sobre 2000 micro Einstein por metro cuadrado por segundo. La razón de esta gran reducción es que las hojas de la viña absorben fuertemente la luz solar.

Mediciones muestran que una hoja bajo una luz solar brillante (2000 micro Einstein por metro cuadrado por segundo) únicamente transmitirá un 6 %, por consiguiente 120 micro Einstein por metro cuadrado por segundo pasan al próximo plano de hojas en el canopy. Una tercera hoja en línea recibiría únicamente 7 micro Einstein por metro cuadrado por segundo y estaría en sombreado profundo (este ejemplo no considera la reflexión de luz entre planos de hojas).

Efecto de la luz sobre la fijación de CO₂:

No hay fijación neta de CO₂ en la oscuridad (excepto en plantas CAM) y con luz crepuscular el CO₂ que se pierde en la respiración supera al que se utiliza en la fotosíntesis. Por encima de cierto nivel de irradiancia, conocido como saturación lumínica el incremento en la luz ya no causa incremento alguno en la fotosíntesis.

Entre la oscuridad y el nivel de saturación existe una irradiancia a la cual la fotosíntesis está en equilibrio con la respiración (punto de compensación lumínica) este punto varía con la especie, con la irradiancia durante el crecimiento, con la temperatura a la que se efectúan las mediciones y concentración de CO₂, aunque en hojas que crecen al sol suele ser de alrededor del 2 % de la luz solar plena (40 micromol por metro cuadrado por segundo).

El incremento en el peso seco puede ocurrir sólo cuando la irradiancia se encuentra por encima del punto de compensación (Smart *et al.* 1990).

En viñas no ocurre fotosíntesis a bajos niveles de luz aproximadamente inferiores a 30 μ Einstein por metro cuadrado por segundo o cerca del 1 % de luz solar total. Parte de esta reducción es debida a los estomas que están parcialmente cerrados reduciendo el influjo de CO₂. En tanto la intensidad de luz aumenta, también lo hace la fotosíntesis, hasta que una tercera parte de la luz solar plena es alcanzada, 700 μ Einstein por metro cuadrado por segundo. A esta intensidad de fotosíntesis en hojas de viña es que se produce la saturación lumínica.

Comportamiento de las hojas según la luz recibida:

Las plantas de sombra tienen un nivel extremadamente bajo de respiración en la oscuridad y así el nivel de compensación de luz también es muy bajo. La asimilación neta positiva se logra a niveles de luz mucho menores que los que requieren las plantas de sol para alcanzar su compensación (las plantas de oscuridad pueden fotoinhibirse a niveles de luz que ni siquiera son de saturación para las plantas de sol) (Salisbury *et al.* 1992).

La actividad fotosintética de la planta no es igual al producto de la actividad fotosintética de la hoja por el número de hojas. Para examinar la actividad fotosintética de un cultivo, se debe considerar el follaje, como está constituido de hojas sometidas a condiciones diferentes, ya que las hojas individuales de una planta se pueden desarrollar como hojas de sol o sombra.

En comparación con las hojas de sombra, las hojas de sol, tienen menor área por hoja, son más gruesas (con frecuencia tienen más capas de mesófilo en empalizada que consta de células más largas), pero más por unidad de área de hoja, están distribuidas con mayor densidad en el tallo y sus peciolo son más cortos (se dan más sombra entre sí), y tiene más clorofila por unidad de peso seco (Champagnol, 1984; Salisbury *et al.* 1992).

Al mediodía la intensidad fotosintética de las hojas al sol es prácticamente nula y la de las hojas a la sombra es máxima.

En cuanto a peso de las hojas de sombra por lo general también tienen más clorofila, en especial la B (Balcar, 1980), sobre todo a causa de que cada cloroplasto posee más granas que las hojas de sol. Por otra parte los cloroplastos de las hojas de sombra tienen menos proteína total en el estroma incluyendo rubisco y probablemente menos proteína tilacoidal para transportar electrones que las hojas de sol. Así las hojas de sombra invierten más energía en la producción de pigmentos para la colecta de luz, que permiten hacer uso esencialmente de toda la cantidad limitada de luz que incide en ellas. Además los cloroplastos de hoja de sombra profunda se ordenan en las células por fototaxia en

patrones que maximizan la absorción de luz (Boardman, 1987; Bjorkman, 1981; citados por Salisbury en 1992).

Los peciolos de dicotiledoneas también responden curvándose a la dirección e intensidad de la luz, haciendo que las láminas de las hojas se muevan hacia regiones menos sombreadas. Todos estos factores posibilitan que haya una fijación neta de CO₂ a niveles de irradiancia baja, con un costo energético mínimo para producir y mantener el aparato fotosintético. Sin embargo, las hojas de sol y de la sombra de la misma especie a menudo presentan una diferencia de hasta 5 veces en la capacidad fotosintética (Gardner, 1985).

La razón principal de las diferencias en las respuestas lumínicas de hojas individuales y plantas completas o grupos de plantas es que las hojas de la porción superior absorben gran parte de la luz incidente dejando poco para las hojas inferiores. En esta situación la exposición a una mayor irradiancia puede saturar las hojas de arriba pero en este caso más luz se transmite y refleja hacia las hojas de abajo, las cuales no están saturadas.

Smart *et al.* (1990) dicen que debido a la baja intensidad de la luz, las hojas interiores tienen baja tasa fotosintética, lo que significa que ellas contribuyen poco con la viña. En sombreado intenso las hojas interiores se tornan amarillas y se vuelven no aptas para la fotosíntesis. Estudios han demostrado que las hojas exteriores contribuyen más en la fotosíntesis en canopies densos.

Resulta útil considerar la disposición de las hojas en el dosel. Si las hojas se orientan en posición más o menos vertical y la luz llega sobre todo de arriba, los rayos de luz serán más o menos paralelos a las superficies de las hojas, por lo que en términos de unidad de área, casi ninguna hoja se encontrará por encima del nivel de saturación. Además la luz entra en profundidad por lo que pocas hojas se verán sombreadas por debajo del punto de compensación lumínica (Gardner, 1985).

2.3.2.1.1.2. Temperatura

La temperatura es un factor importante tanto en pasos del ciclo vegetativo, como por ejemplo iniciación floral, como en el rendimiento y calidad, a través de su incidencia en la fotosíntesis. La iluminación y la temperatura son los dos factores ambientales que tienen una mayor incidencia en la calidad del vino (Carbonneau *et al.* 1987; Smart, 1988; Tardaguila *et al.* 1993). El efecto de la temperatura sobre la fotosíntesis depende de la especie, las condiciones ambientales en que crece la planta.

En general la temperatura óptima para la fotosíntesis es similar a la temperatura del día a la que crece la planta, excepto, porque en ambientes fríos los óptimos suelen ser

superiores a la temperatura del aire, y las temperaturas de las hojas, cuando están expuestas al sol, casi siempre son superiores a la temperatura del aire (Salisbury *et al.* 1992).

Un incremento normal en la temperatura influye poco en la fotólisis del agua o en la difusión de CO₂ en la hoja, aunque influye de manera más notable en las reacciones bioquímicas de fijación y reducción del CO₂.

Cuando la temperatura aumenta más de los 30 grados centígrados la eficiencia de las C₃ se vuelve menor que la de las C₄. Se debe a una disminución en la fotosíntesis neta de las C₃, debido a una pérdida más rápida de CO₂ por un aumento de la fotorrespiración. Así los incrementos en la temperatura suelen incrementar las tasas fotosintéticas hasta que comienza la desnaturalización enzimática y la destrucción del fotosistema (Hall y Keys, 1983; citados por Salisbury en 1992).

Smart *et al.* (1990) dicen que la tasa de fotosíntesis también depende de la temperatura de la hoja, con máxima tasa entre 20 a 35 grados centígrados. La fotosíntesis es inhibida por temperaturas menores a 10 grados centígrados y por temperaturas mayores a 35 grados centígrados. Kriedeman (1977) sitúa el óptimo de intensidad fotosintética a 24 grados centígrados para las variedades septentrionales y 28 grados centígrados para las meridionales. Las temperaturas superiores a 25 y 28 grados centígrados son desfavorables a la fotosíntesis sobre todo si la luminosidad es importante. La fotosíntesis es casi nula hacia los 40 grados centígrados.

2.3.2.1.1.3. CO₂

Las tasas fotosintéticas se ven amplificadas no sólo por aumento en los niveles de irradiancia sino también por mayores concentraciones de CO₂, en especial cuando los estomas están parcialmente cerrados por sequía (Ollat *et al.* 1993).

La diferencia en cuanto a requerimiento de CO₂ entre especies C₃ y C₄ se aprecia con facilidad si se reduce el nivel de CO₂ por debajo del atmosférico. Si la irradiancia está por encima del punto de compensación lumínica para ambos tipos, la fotosíntesis neta de las especies C₃ casi siempre llegan a cero, con concentraciones de CO₂ entre 35 y 45 micromoles por mol. La concentración de CO₂ a la cual la fijación fotosintética equilibra la pérdida por respiración, se denomina punto de compensación de CO₂. (Balcar, 1977; Salisbury *et al.* 1992; Caterchine *et al.* 1995)

En las rutas metabólicas para la fijación de CO₂, los productos principales de almacenamiento en la hoja, que se acumula en las horas de luz son sacarosa y almidón (Winkler, 1965; Champagnol, 1984).

Según Carbonneau (1980) la resistencia de la hoja a tomar el CO₂ ambiental y su resistencia interna al pasaje de CO₂ (cutícula y mesófilo) son dos factores que tienen suma importancia sobre la actividad fotosintética.

Otro factor que estará influyendo en el intercambio de CO₂, es la cantidad de estomas y su funcionalidad, que según Balcar (1980), una hoja tiene de 150 a 300 estomas por milímetros cuadrados y en las hojas jóvenes los 2/3 no funcionan.

Se vio que las hojas internas muestran mayor resistencia estomática. Los valores más bajos de resistencia se dan cuando la iluminación es mayor (Lissarrague *et al.* 1991). La radiación interceptada y la conductancia estomática presentan una evolución paralela a lo largo del día con una gran correlación al mediodía (Lissarrague *et al.* 1991; Dokoozlian *et al.* 1995).

2.3.2.1.2. FACTORES BIOLÓGICOS

2.3.2.1.2.1. Desarrollo de hojas

El crecimiento, la producción y la composición de las bayas dependen en gran medida del funcionamiento de las hojas, es decir de su actividad fotosintética y del reparto de sustancias elaboradas en la planta. Las hojas jóvenes utilizan reservas del tronco y raíces, las adultas exportan primero acrópetamente y en una segunda etapa basípetamente. (Tardaguila *et al.* 1993).

A medida que las hojas crecen, su capacidad para fotosintetizar se incrementa hasta que se desarrollan por completo, luego esta capacidad empieza a disminuir con lentitud. Las hojas viejas, senescentes, terminan por tornarse amarillentas e incapaces de fotosintetizar a causa de la degradación de la clorofila y la pérdida de cloroplastos funcionales (Tardaguila *et al.* 1981; Caterchine *et al.* 1995).

En la floración, las hojas ubicadas en la parte media y basal de los brotes, estarán totalmente desarrolladas y produciendo más materiales alimenticios que los que ellas utilizan, pero en la mitad del verano las hojas basales ya estarán sintetizando mal. (Winkler, 1965).

Las hojas comienzan a exportar azúcar cuando alcanzan aproximadamente la mitad de su tamaño final (y pierden el color verde brillante inicial).

Kriedemann (1977) resume que las hojas jóvenes tienen débil fotosíntesis y fuerte respiración; las hojas adultas, alta fotosíntesis y respiración en la oscuridad menos intensa; hojas senescentes, débil fotosíntesis.

- La técnica de desojado localizado alrededor de los racimos es un buen medio para mejorar el microclima de las uvas pero debe ser empleado solamente en hojas viejas para evitar una pérdida potencial fotosintética, sobre todo teniendo en cuenta que son las hojas activas vecinas a los racimos las que más contribuyen a la alimentación en azúcar de estos (Balcar, 1980).

2.3.2.1.2.2. Color de hojas

Los tilacoides contienen pigmentos en los cuales se utiliza la energía de la luz para oxidar agua y formar ATP y NADPH, ricos en energía y necesarios para que el estroma convierta el CO₂ en carbohidratos (Salisbury *et al.* 1992).

Los pigmentos son clorofila A, clorofila B y pigmentos amarillo-anaranjados que son carotenoides y que a su vez pueden ser carotenos (hidrocarburos puros) o xantofilas (contienen oxígeno).

La hoja de vid esta muy bien provista de clorofila, aproximadamente 4 miligramos por decímetro cuadrado de hoja (Balcar, 1980).

Carbonneau (1980), observó que el color verde aumenta con el grado de abertura de la vegetación y grado de luminosidad recibida sin embargo afirma que el tenor en clorofila no parece tener una influencia sobre la fotosíntesis.

2.3.2.1.2.3. Traslocación de fotosintátos

Un control interno de la fotosíntesis es la tasa a la que los productos fotosintéticos como la sacarosa pueden traslocarse desde las hojas hacia diversos órganos vertederos. Con frecuencia se encuentra que la eliminación de frutos, tubérculos o semillas en desarrollo que son fuertes vertederos, inhibe la fotosíntesis en pocos días, en especial en hojas adyacentes, que en circunstancias normales traslocan sustancias hacia esos órganos. Un transporte efectivo de productos fotosintéticos mantiene una fijación de CO₂ rápida.

Existe una estimulación de la fotosíntesis bruta por la relación fuente-fosa. Al efecto estimulante sobre la fotosíntesis bruta por la presencia de frutos, así como de su ubicación en la vegetación, se suma el efecto estimulante del vigor, medido por la superficie foliar de la planta (Carbonneau, 1982).

Hasta la floración, la actividad fotosintética de la cepa va a permanecer insuficiente para asegurar las necesidades de las plantas (edificación y respiración). Es importante la migración de azúcares para evitar el enlentecimiento de la actividad fotosintética por retroacción vegetativa. Ha sido demostrado que la presencia de frutos, estimula la actividad fotosintética (Tardaguila *et al.* 1993).

Una infección severa de las hojas por patógenos, inhibe tanto la fotosíntesis, que éstas se vuelven importadoras de azúcares, en lugar de exportadoras. Las hojas saludables adyacentes comienzan entonces de manera gradual a fotosintetizar con mucha mayor rapidez, lo cual sugiere que el aumento en la traslocación proveniente de estas hojas ha superado alguna limitante en la fijación de CO₂ (Champagnol, 1984).

Aun no se entienden bien los mecanismos de estas relaciones pero en algunas especies uno de los factores es la acumulación de granos de almidón en los cloroplastos cuando la traslocación es lenta y la fotosíntesis es rápida. Estos granos de almidón presionan los tilacoides de los cloroplastos de manera que quedan muy juntos e impiden, físicamente, que la luz llegue a ellos e induzca fotosíntesis. Otro factor probable es la retroinhibición de la fotosíntesis por azúcares o tal vez otros productos fotosintéticos cuando la traslocación es lenta.

2.3.2.2. EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA.

La eficiencia fotosintética (que es diferente a rendimiento del cultivo) en el producto de una cosecha, se calcula mejor dividiendo la energía de la radiación fotosintética activa total absorbida por un cultivo, desde la plantación hasta la cosecha, entre la energía total en los enlaces químicos de la sacarosa producida en la fotosíntesis.

La radiación fotosintéticamente activa bajo cielo despejado es de 400-500 watt por metro cuadrado, pero teóricamente podría llegar a 900 watt por metro cuadrado (depende de hora, época del año, latitud, etc.). La mitad es infrarrojo, un 5 % ultravioleta y el resto es longitud de onda entre 400 y 700 nanómetros (Salisbury *et al.* 1992).

Ollat *et al.* (1993), plantean que es difícil evaluar el intercambio gaseoso y fundamentalmente la fotosíntesis, entre sistemas de conducción. Vieron que no hay diferencias significativas entre los dos sistemas de conducción estadísticamente (lira y espaldera) con referencia a intercambio gaseoso.

Se observa siempre un mayor rendimiento de intercambio gaseoso en la espaldera frente a la lira. Puede deberse a las hojas (edad) en razón que la espaldera tiene mas hojas internas. Las hojas internas en febrero son mas jóvenes y más activas que las expuestas.

Ollat et al. (1993) tuvieron que dada la diferencia de la superficie foliar de la lira 6,2 metros cuadrados y la espaldera 3,03 metros cuadrados, la lira tiene una fotosíntesis global superior a la espaldera, pero por metro cuadrado de superficie foliar las actividades fotosintéticas son muy similares.

Scholefield (1978) encontró para el cv. *Sultanina*, en espaldera, los siguientes valores de actividad fotosintética: Enero: 10 miligramos de CO₂ por decímetro cuadrado por hora.

Marzo: 8 miligramos de CO₂ por decímetro cuadrado por hora.

Mayo: 1 miligramos de CO₂ por decímetro cuadrado por hora
(para hojas completamente senescentes).

2.3.3. POTENCIAL HÍDRICO.

Levitt sugirió que el estrés abiótico consiste en cualquier alteración de las condiciones ambientales que puedan reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta (Salisbury, 1992).

De los muchos términos disponibles para describir la capacidad de absorción y el estado energético del agua en el suelo y la planta, el potencial hídrico, concepto derivado del potencial químico del agua, parece ser el más satisfactorio (Kramer *et al.* 1991).

La cantidad de agua que fluye a través de la planta o circula por una unidad del cultivo, depende de la oferta de agua del suelo (la cual depende de la cantidad y retención de la misma), de las características estructurales y funcionales de la planta o cultivo y de las condiciones atmosféricas que conforman lo que comúnmente llamamos demanda de agua atmosférica.

La mayoría de los fenómenos que se desarrollan en la planta son dependientes del estado hídrico y este depende del balance entre el agua que la planta absorbe del suelo y la que pierde por transpiración (Champagnol, 1984).

Cualquier exceso de la transpiración sobre la absorción determina un balance hídrico negativo, generándose un déficit hídrico cuyas consecuencias dependerán de la magnitud y duración del estado deficitario (Kramer *et al.* 1966).

En el curso de días cálidos, la transpiración es superior a la absorción y la planta se deshidrata; en la noche la transpiración se ve reducida y la planta se rehidrata (Champagnol, 1984).

La ocurrencia de un déficit hídrico puede influir poderosamente sobre el crecimiento, la producción de materia seca por planta y por lo tanto sobre el rendimiento en madera y fruta.

Es muy importante para la calidad que no haya estrés hídrico (Seguin, 1965; citado por Carbonneau, 1980).

La respuesta más sensible al estrés hídrico es el crecimiento celular y en consecuencia el crecimiento de las raíces y brotes (Salisbury, 1992).

Para el sistema suelo - planta - atmósfera bajo condiciones isotérmicas se puede dividir el potencial hídrico en:

potencial osmótico: variación de la energía libre del agua debida a la presencia de solutos disueltos.

potencial matriz: variación de energía libre del agua debida a la atracción del complejo coloidal para el caso de los tejidos vegetales; atracción de los microporos de las paredes celulares, agua de hidratación de las proteínas.

potencial de presión: variación de energía debida a la presión en las plantas. Es negativo para el caso de los vasos del xilema y positiva en los tejidos turgentes.

El agua en el xilema de un tallo esta bajo tensión (presión menor a una atmósfera) permitiendo que la presión externa comprima las paredes celulares del xilema. Cuando se corta un tallo se permite que la presión interna se iguale con la externa, las paredes celulares se expanden y las columnas de agua en los elementos del xilema retroceden a partir de la superficie del corte. Si la diferencia de presión se restablece incrementando la presión del exterior del tallo hasta que la diferencia sea la misma que había antes de cortar el tallo, el agua debe moverse de regreso justo hasta el corte.

La presión en la bomba debe ser equivalente al valor absoluto de la tensión que había en el tallo antes de realizar el corte y al potencial hídrico (Salisbury, 1992).

El valor de potencial hídrico suministrado por la cámara de presión traduce la relación hídrica del sistema suelo - planta - atmósfera, pero no indica el estado hídrico a nivel celular.

Ollat *et al.* (1991) realizaron mediciones de potencial hídrico para lira y espaldera utilizando como criterio, efectuar las mediciones al medio día, en hojas adultas y capaces de recibir una iluminación saturante.

2.3.3.1. FACTORES QUE AFECTAN EL ESTADO HÍDRICO

Entre las condiciones externas que afectan la velocidad de la pérdida de agua, las más importantes son intensidad lumínica, temperatura, humedad y viento.

La luz influye sobre la apertura de los estomas y sobre la temperatura de las hojas. A la luz del sol, la temperatura de las hojas es usualmente mayor que la del aire circundante por lo tanto, la presión del vapor en el interior de las hojas puede ser claramente mayor que la del aire.

Una elevación en la temperatura del aire invariablemente va acompañada, si otras condiciones son iguales, por incremento en las pérdidas de agua. Esta mayor pérdida de agua, es el resultado de un incremento en la pendiente del gradiente de difusión, entre el vapor de agua del aire exterior y el que está en el interior de la hoja.

A cualquier temperatura, una elevación en la humedad, reduce la pendiente del gradiente de difusión del vapor de agua a través de los estomas y se reduce la velocidad de transpiración. Un incremento en la velocidad del viento, generalmente incrementa la velocidad de pérdida de agua (Branas, 1974).

El viento influye en la transpiración, porque remueve el aire adyacente a la superficie de las hojas, que está cargado de humedad; llevando la temperatura de la hoja a valores cercanos a los del aire y porque dobla a las hojas grandes (Branas, 1974).

Los datos de potencial hídrico varían según la hora del día, registrándose valores menos negativos durante la noche (hay menos transpiración); como es de esperar la tensión también varía, siendo más negativa hacia el mediodía, cuando los niveles de luz son más elevados y la humedad es baja (Caterchine *et al.* 1995).

Según Champagnol (1984) el potencial hídrico de la viña varía según la hora del día y la época del año. A mediados de junio (diciembre hemisferio sur) el potencial hídrico al medio día conserva un valor moderado -0.8 megapascal, a mediados de julio (enero hemisferio sur) el potencial hídrico al medio día es de -1.0 a -1.3 megapascal; a mediados de agosto (febrero hemisferio sur) es entre -1.6 a -1.3 megapascal.

El déficit hídrico provoca el cierre progresivo de los estomas. La disminución de intensidad fotosintética llega abruptamente cuando el potencial hídrico de las hojas es inferior a -1.2 o -1.5 megapascal (Smart *et al.* 1985; Champagnol, 1984).

- Castro *et al.* (1991) encontraron que no hay diferencias significativas de base entre julio – setiembre (enero-marzo hemisferio sur); pero a las 15 horas encuentro valores significativamente inferiores en la lira después de febrero (más estrés).
Ollat *et al.* (1991) vio diferencias a toda hora: la espaldera mostró valores más negativos, lo que podría estar dando una mayor dificultad para rehidratarse durante la noche. Pero el potencial es mas negativo en la lira entre las 12-14 horas (tal vez por una mayor transpiración).

Según Lissarrague *et al.* (1991), el potencial hídrico y temperatura de hojas no están correlacionados con el sistema de conducción.

Tardaguila *et al.* (1993), vieron que en zonas con alta radiación solar, a las horas de máxima radiación, se puede producir una reducción del rendimiento fotosintético debido al exceso de luz (fenómeno conocido como fotoinhibición) que será mas acentuado en condiciones de estrés hídrico.

La resistencia estomática esta ligada al potencial hídrico foliar que alcanza valores más bajos al mediodía (Lissarrague *et al.* 1991).

2.4. PROSESO DE MADURACIÓN DEL RACIMO DE UVA

2.4.1. COMPOSICIÓN DEL RACIMO DE UVA

El racimo de uva comprende dos partes: la leñosa o raspón y los granos o bayas, que están formados por la piel o película, la pepita o semilla y la pulpa, cuya ruptura proporciona el zumo o mosto (Sannino, 1948).

Los distintos compuestos se acumulan en forma diferencial según las partes:

a) escobajo: 70-80 % de agua, menos de 1 % de azúcares, 2-4 % de polifenoles, 2-3 % de cenizas y pH mayor a 4.

b) hollejos: 20-25 % de celulosa (en peso seco), 10-15 % de pectinas y proteínas, 0.1-0.3 % de azúcares, polifenoles (antocianos), componentes aromáticos, sales orgánicas, minerales y pruina (ácido oleanólico).

c)semillas: 25-45 % de agua, 34-36 % de glúcidos, 13-20 % de aceites, 5-10 % de polifenoles (catequinas y procianidinas), 4-7 % de compuestos nitrogenados, 2-4 % de compuestos minerales (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

2.4.2. MADURACIÓN

Es la fase del ciclo de reproducción que comienza en el envero y dura unos 40 o 50 días hasta alcanzar la madurez (Winkler, 1965; Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

En el proceso de maduración no se pueden determinar fechas concretas, puesto que la evolución no es homogénea; dentro de una misma parcela existen adelantos o atrasos de una planta a otra. En una misma cepa la orientación o la situación alta o baja, interior o exterior de los racimos, produce marcadas diferencias en el desarrollo del ciclo de maduración. En el racimo también se producen estas variaciones (Andrades, 1990).

La madurez alcanzada en el momento de la vendimia es un criterio de calidad porque determina la composición química de la materia prima. El estado de maduración de la uva condiciona la calidad e incluso el tipo de vino (Ribéreau-Gayon, 1971; Peynaud, 1977; Mareca, 1983).

Durante el proceso de maduración, el grano de uva pasa por varias etapas, a través de las cuales, va modificando su composición y su aspecto. Desde cuajado a maduración tienen lugar una serie de fenómenos de gran repercusión en el proceso enológico. Los más importantes son: aumento del peso, acumulación de azúcares, disminución de la acidez, intensificación del color y de los aromas. El análisis de cada uno de ellos permitirá comprender las ventajas de realizar la vendimia en la fecha adecuada (Sannino, 1948; Ribereau-Gayon, 1971; Peynaud, 1977; Oreglia, 1979; Carbonneau, 1990, 95; Jackson, 1993).

2.4.2.1. FENÓMENOS DURANTE EL PROSESO DE MADURACIÓN DE LA UVA

La evolución de la uva se divide en cuatro periodos:

1- Período herbáceo: va desde cuajado hasta envero. Durante este periodo que dura de 20 a 30 días, se da un rápido crecimiento de la uva verde (coloreada por la clorofila). Solo contiene 20 gramos de azúcar por kilo y una proporción similar de acidez (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979; Macías Hernandez, 1993)

2- Envero: paralización momentánea en el crecimiento de la baya, por la pérdida progresiva de clorofila y aparición de los pigmentos que darán al grano el color característico de la variedad. La baya alcanza su forma y tamaño casi definitivo. Dura desde un día para una baya, hasta 15 días para el conjunto de todos los granos del viñedo, en condiciones normales.

Luego del envero racimos, troncos y raíces son abastecidos simultáneamente, pero durante el envero solamente los racimos reciben fotosintatos.

El azúcar aumenta repentinamente (Peynaud, 1977; Andrades, 1990)

3- Maduración: durante los 40 o 50 días que dura, la uva continua aumentando en volumen, acumula azúcar y va perdiendo acidez. Hay que distinguir entre madurez fisiológica, momento en que los granos de uva alcanzan su mayor diámetro y su capacidad de germinar; y la madurez industrial, momento en que se alcanza el índice máximo de azúcar y que define el momento en que la uva debe ser recolectada para su posterior utilización (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979; Andrades, 1990).

4- Sobremaduración: la uva vive de sus reservas, pierde agua y su sumo se concentra (Ribéreau-Gayon, 1971; Peynaud, 1977; Andrades, 1990; Mareca, 1983).

Variables del microclima tales como intercepción de luz y temperatura contribuyen a la variabilidad en la composición de la fruta en cualquiera de estas etapas, pero fundamentalmente en la maduración (Peynaud, 1977; Mathews, 1985; Morrison, 1990)

2.4.2.2. CAMBIOS QUÍMICOS Y FÍSICOS DESDE ENVERO A MADUREZ

Esta fase tiene una gran importancia para la calidad del fruto, la uva, y la del futuro vino (Ribéreau-Gayon, 1971; Peynaud, 1977; Andrades, 1990; Mareca, 1983).

La temperatura tiene un efecto muy importante al acelerar las reacciones enzimáticas y se producen fenómenos observables a simple vista por su rapidez (Andrades, 1990).

2.4.2.2.1. CAMBIOS FÍSICOS

Los más notorios son, aumento de peso y volumen de las bayas; este hecho se debe, entre otras causas, al aporte continuo de agua hacia el fruto durante todo el ciclo,

siempre que las condiciones climáticas sean favorables (Macías Hernández, 1993; Aladren, 1994)

Macaulay (1993) señala que el tamaño y el peso final de las bayas está esencialmente influenciado por el aporte del agua al inicio del desarrollo.

Morrison *et al.* (1990) reportaron un mayor tamaño de las bayas cuando la fruta estaba sombreada y las hojas bien expuestas. Esto fue atribuido a las más bajas temperaturas y reducida transpiración en la zona de la fruta sombreada.

Otro cambio físico notable es la disminución de la rigidez de la piel y la pulpa. La consistencia de la baya cambia debido al reblandecimiento de los tejidos por hidrólisis de polisacáridos de pectina y almidón. (Peynaud, 1977; Mathews, 1988).

2.4.2.2.2. CAMBIOS QUÍMICOS

Acidez y pH:

El cambio en los ácidos orgánicos y el efecto resultante sobre el pH de la uva, puede ejercer una influencia sobre factores como el aroma, la extracción de antocianos durante la elaboración y estabilidad del color de los productos de la uva.

La acidez total expresa la suma de todos los iones hidrógeno, los ionizados, expresados por el pH y los no ionizados, bloqueados en la molécula no disociada, pero que el ácido libera cuando en el momento de la valoración se añade un álcali. La acidez total nos va a dar una medida de los ácidos libres que se encuentran en el mosto y en el vino (Ribéreau-Gayon, 1971; Mareca, 1993).

Según Hrazdina (1984), trabajando con el cv. *Chaumac*, dice que se produce un crecimiento de ácidos totales hasta el final de enero. En este punto se produce una detención en el crecimiento del grano y a continuación, la acidez comienza a decrecer rápidamente, siendo este su comportamiento durante la maduración.

Durante la maduración, la acidez total va disminuyendo, y numerosos trabajos confirman ese descenso (Kuykenda, 1973; Lane, 1979; Morris, 1979; Al-Kaisy, 1981; Budin, 1983; Santos, 1985; Palacios, 1986; citados por Andrades en 1990).

Catalina *et al.* (1982) justifican la disminución de la acidez debida a tres causas:

- a) movilización de las bases que neutralizan los ácidos del fruto
- b) fenómeno de dilución del contenido de las células de las bayas, que aumenta su volumen desde el envero hasta la madurez por aporte continuo de agua intercelular (Ribéreau-Gayon, 1971; Peynaud, 1977; Carbonneau, 1980; Lissarrague, 1986)

c) proceso de combustión interna (Peynaud, 1977; Andrades, 1990).

Seguin y Pinto (1986) apuntan que las temperaturas altas en las proximidades de la vendimia provocan una gran disminución de la acidez por combustión respiratoria.

En todas las partes de la viña, a excepción de la raíz, los ácidos tartárico y málico, son los constituyentes ácidos predominantes, alcanzando del 70-90 % de esta fracción. Otros ácidos orgánicos encontrados en concentraciones variables, pero siempre pequeñas, son: cítrico, succínico, fumárico, fórmico, acético, ascórbico, glicólico, aconítico, quinico, siquímico y mandélico (Ribéreau-Gayon, 1972; Oreglia, 1979; Andrades, 1990).

El ácido málico se acumula en los tejidos jóvenes, particularmente en la baya, y al iniciarse la maduración se produce un rápido descenso en su contenido, de forma que en un periodo de poco más de una semana se da un descenso de ácido málico entre 5-10 micromoles por día y por baya (Zamboni *et al.* 1991)

Nigond (1972) y Andrew (1994) señalan que el contenido en málico es muy inferior en los racimos expuestos al sol que en los racimos en la sombra, mientras que el contenido en tartárico es más estable.

Morrison *et al.* (1990) encontró que los metabolitos de ácidos fueron similares en racimos sombreados y expuestos cuando las hojas del brote soporte del racimo recibían similar exposición a la luz, pero encontró diferencias cuando las hojas recibían diferente radiación.

La evolución del pH describe una curva similar a la de los sólidos solubles (Hrazdina, 1984); al igual que el color y el sabor ya que estos también dependen del pH (Grisci, 1930).

Philip (1974), Lainer (1979), Cotea (1982), Budin (1984), Palacios (1986) (citados por Andrades, 1990) señalan el aumento del pH como consecuencia de la disminución del contenido de ácidos del fruto, así como de la neutralización de los ácidos mayoritarios formando sales.

Du Plessis (1983) dice que la irrigación provoca fluctuaciones pronunciadas en el pH durante el transcurso de la maduración.

Azúcares:

Se puede tomar como índice de actividad fotosintética de la planta los azúcares acumulados en las bayas (Andrades, 1990).

El contenido de azúcares y de sólidos solubles aumenta a lo largo de la maduración, coincidiendo su máximo contenido con el máximo peso del fruto (Philip, 1974; Catalina, 1982).

La acumulación de azúcar es rápida después del envero, estabilizándose al final de la maduración, para aumentar posteriormente en la post-maduración (Andrades, 1990).

La baya es un órgano de acumulación de azúcares ya desde el cuajado, pero fundamentalmente a partir del envero. La brusca acumulación de azúcares a partir del envero se explica por la movilización de las reservas de la cepa, que son transferidas al fruto y por un más lento pero constante aporte diario por la actividad fotosintética de las hojas durante toda la fase de maduración del fruto (Peynaud, 1977; Andrades, 1990). Así se comprende que el pasado de una viña, la edad y el estado sanitario de las cepas cumplan una función en la calidad de la cosecha (Sannino, 1948; Peynaud, 1977).

La glucosa y la fructuosa constituyen más del 99 % de los hidratos de carbono totales de las bayas.

La glucosa predomina en la uva inmadura, pero la relación glucosa/fructosa en uvas maduras es próxima a uno, siendo en este momento la concentración de fructosa levemente superior. Tanto la glucosa como la fructosa proceden de la hidrólisis de la sacarosa almacenada tras la fotosíntesis en las hojas. Dicha hidrólisis conduce a partes iguales de ambos azúcares, con lo que parece como si en el transcurso se consumiera de preferencia la glucosa a su isómero la fructosa (Peynaud, 1977; Andrades, 1990).

Al aproximarse el momento de la vendimia, el cociente glucosa/fructosa se hace menor que la unidad, relación ampliamente difundida para determinar el índice de madurez (Johnson *et al.* 1976; Catalina, 1982; Kliewer, 1977).

Kliewer (1977), señala que inmediatamente después del envero las concentraciones de glucosa y fructosa en las bayas de todas las variedades estudiadas comienzan a aumentar rápidamente.

En 40 ó 50 días, la concentración de todos los azúcares se incrementa desde menos de un 1 % a más de un 10 %. Una brusca pérdida de acidez total acompaña al periodo de enriquecimiento en azúcares. Andrades (1990) confirma los resultados anteriores, señalando que en el espacio de 30 ó 50 días se alcanzan concentraciones desde un 4 % inicial hasta un 20 % al final.

La cantidad de los azúcares formados por la fotosíntesis y acumulados en la uva dependen de la duración del soleado durante el periodo de la maduración.

Los climas más cálidos son generalmente los más soleados y en una misma región los veranos más cálidos son los que dan las uvas más ricas en azúcares y los vinos más alcoholizados. La calidad de una cosecha está en función, fundamentalmente, del soleado de los meses de agosto (febrero hemisferio sur) y de setiembre (marzo hemisferio sur). Sin embargo, un exceso de calor y de sequedad bloquea la fotosíntesis e impiden una evolución normal de la maduración (Peynaud, 1977).

Morrison (1990) vio que el azúcar acumulado es similar tanto en racimos sombreados como expuestos cuando las hojas del brote soporte del racimo recibían igual cantidad de luz.

Seguin (1969) apunta que una alimentación deficiente en agua durante la maduración disminuye la acumulación de azúcares por limitación de la actividad fotosintética, si bien puede aumentar sus concentraciones en las bayas por efecto de la transpiración. Andrades (1990) y Peynaud (1977) señalan la existencia de un nivel crítico de alimentación hídrica por debajo del cual la sequía disminuye el almacenamiento de azúcares en las bayas por alteración del metabolismo.

Polifenoles:

Los polifenoles se localizan principalmente en las partes sólidas de los racimos (raspón, pepitas y hollejos). Los compuestos polifenólicos se ubican preferentemente en las semillas (38 %), y en el hollejo (36 %), en menor medida en el escobajo (20 %) y muy escasamente en la pulpa (6 %) (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

Durante el proceso de maduración hay una acumulación de compuestos polifenólicos, pero no se han encontrado cifras características para el momento óptimo de la vendimia. Estudios realizados por Singleton (1966) señalan cantidades medias de 3.770 miligramos por kilo de uva, mientras que Flanzy, (1972) refleja en sus trabajos valores de 5.400 miligramos por kilo de uva.

Ribéreau-Gayon (1971,72) diferenció el comportamiento en hollejo y pepita, viendo que en hollejo se produce un aumento considerable hasta una semana antes de la vendimia, y en pepita aumenta ligeramente tres semanas antes para luego descender.

Moretti (1992) afirma que la síntesis de antocianos del racimo depende de la concentración de ciertas sustancias endógenas que en gran parte son reguladas por factores externos. Las temperaturas máximas diurnas y las diferencias entre temperaturas diurnas y nocturnas, influyen notablemente en la concentración de sustancias colorantes.

Kliewer (1977) señala también que la biosíntesis de estos pigmentos se inhibe cuando la viña se ve sometida a temperaturas diurnas y nocturnas de 37 grados centígrados y 32 grados centígrados respectivamente.

Carbonneau (1980) señala que la síntesis de polifenoles depende de la buena iluminación y temperatura a nivel de racimo. Morrison *et al.* (1990) determinaron que el contenido de polifenoles y antocianos es afectado por la iluminación a la que son sometidos los racimos.

2.5. MICROCLIMA Y COMPOSICIÓN DE LA UVA

El equilibrio microclimático entre hojas y racimos es un factor importante en la calidad de los frutos, y esto no se logra con un follaje muy denso o muy abierto.

Un buen nivel microclimático en el interior de la vegetación estimula la fotosíntesis bruta, la iniciación floral, la producción, así como la acumulación de azúcares y polifenoles en las uvas. Así mismo un buen nivel microclimático alrededor de las uvas favorece la degradación del málico, la coloración de la película, la detención del desarrollo de *Botrytis cinerea*. Por otra parte las uvas demasiado expuestas están sujetas a quemaduras de sol sobre todo en climas templados donde las variaciones térmicas son muy importantes (Carbonneau, 1986; Smart *et al.* 1990; Morrison *et al.* 1990; Murisier *et al.* 1995).

Variables del microclima como intercepción de luz contribuye a la variabilidad en la composición de la fruta y a la normal maduración que se puede ver en racimos de la vid. Frutas de posiciones expuestas en el canopy de la viña normalmente tienen alto contenido de sólidos solubles y más bajo ácido málico y tartárico que frutas del interior (Morrison *et al.* 1990; Andrew, 1994).

El sombreado de hojas y racimos altera la composición de los granos, pero los dos regímenes de sombreado afectan aspectos distintos de la composición de la fruta. El tamaño del grano, pH del jugo, contenido de azúcares y el metabolismo del málico fueron afectados por el sombreado de las hojas pero no por el sombreado de la fruta. En cambio el contenido total de fenoles y antocianos fue reducido para racimos pero no para hojas sombreadas (Morrison *et al.* 1990).

Smart *et al.* (1990) observaron una tardanza en la acumulación de azúcar y en la degradación de ácidos. Similar demora en la maduración también como en el crecimiento del grano son inducidos en viñas sombreadas.

- Carbonneau (1990) señala la importancia que tiene para aquellos viñedos de calidad el lograr una buena exposición de la zona fructífera. En todos los casos la única forma de lograrlo es con un reducido espesor del follaje, que puede ser facilitado por una ligera inclinación de la vegetación, alejando a su vez del tronco y de las filas la zona de producción.

Kliewer (1977) dice que las intensidades lumínicas débiles disminuyen la fotosíntesis, la producción, el tamaño de baya y el pH; y aumentan el ácido málico y la arginina.

El aclareo o iluminación de hojas aumenta los azúcares de las bayas mas que el aclareo de racimos. Carbonneau (1995) señala que el deshojado localizado alrededor de los racimos, es una buena técnica para mejorar el microclima de las uvas. Debe ser empleada solamente en hojas viejas para evitar una pérdida potencial fotosintética, sobre todo teniendo en cuenta que son las hojas activas vecinas de los racimos las que mas contribuyen a la alimentación en azúcares de estas últimas.

Castro *et al.* (1991) encontraron para el *cv. Cabernet Sauvignon* mayor concentración de azúcar en la espaldera que en la lira (pero estas diferencias no fueron significativas). En cambio Carbonneau (1980) y Murisier (1993) para el *cv. Chasselas*, encontraron mayor concentración de azúcar en la lira que en la espaldera, atribuyéndolo a una mayor superficie foliar expuesta en la lira (18800 metros cuadrados por hectárea) que en la espaldera (13500 metros cuadrados por hectárea).

Carbonneau (1980, 87), Reynolds (1988) y Lissarrague (1991), mostraron como los sistemas de conducción con más superficie foliar expuesta y más iluminados, tienen mejores rendimientos y más azúcar.

2.6. DETERMINACIÓN DEL MOMENTO DE COSECHA

En toda vinificación el grado de madurez de la uva esta condicionando las características finales del vino. La madurez alcanzada en el momento de la vendimia es un criterio de calidad porque determina la composición química de la materia prima que vamos a utilizar (Ribéreau-Gayon, 1971; Peynaud; 1977; Oreglia, 1979; Troost, 1985; De Rosa, 1988).

Durante el proceso de maduración, el grano de uva pasa por varias etapas a través de las cuales, va modificando su composición y su aspecto. Desde cuajado a maduración tienen lugar una serie de fenómenos de gran repercusión en el proceso enológico. Los más importantes son: aumento de peso, acumulación de azúcares, disminución de la acidez, intensificación del color y de los aromas. El análisis de cada uno de ellos nos permitirá comprender las ventajas de realizar la vendimia en la fecha adecuada (Noguera Pujol, 1972; Du Plessis, 1983; Andrades, 1990; Macías Hernández, 1993).

El grano de uva aumenta continuamente de volumen y de peso desde cuajado hasta la maduración por acumulación de sustancias, fundamentalmente azúcares, migrados desde otras partes de la cepa. En este período la madera cede al grano azúcares que guardaba como reserva desde el otoño anterior y las hojas los elaborados desde la brotación (Winkler, 1965; Champagnol, 1984).

Según Ribéreau-Gayon, (1971) el grosor y el peso del grano para una cepa dada sufre la influencia de dos factores fundamentales: 1) pluviosidad durante el período de crecimiento
2) el número de semillas.

Las semillas retardan la maduración y modifican el ritmo de maduración. En el momento en que el grano tiene su máximo peso, llega igualmente a su máximo tenor en azúcar (Ribéreau- Gayon, 1971).

El grano verde tiene solo 1 % a 2 % de azúcares y en pocas semanas ese porcentaje se eleva a 20 % (200gramos por litro) o más, según las zonas vitícolas, estado sanitario y kilos de uva por cepa (Peynaud, 1977). Su destino fisiológico es asegurar la maduración de las semillas. Pero el destino industrial que le daremos, será la producción de alcohol, mediante el proceso de fermentación que da nacimiento al vino.

El tenor de azúcar del mosto determina el alcohol a obtener llamado alcohol probable o alcohol en potencia.

Teóricamente 180 gramos de azúcar, corresponden a 10 grados de alcohol etílico.

Debido a la presencia de azúcares no reductores en el mosto, en la práctica, el cálculo de alcohol probable, se realiza mediante, a los gramos de azúcar por litro se le resta uno y se divide entre diecisiete (Troost, 1985).

Los ácidos de la uva se forman en la hoja y migran al grano. Tartárico y málico son los más importantes. El tenor máximo, 20gramos por kilo corresponde al grano verde y desciende a partir del envero, llegando a niveles de 3 a 6 gramos por litro en la uva madura, dependiendo de la variedad y del clima. Este hecho puede ser explicado por una pérdida de ácidos, por respiración más intensa que su reposición por traslocación (Peynaud, 1977; De Frutos, 1980; Andrades, 1990; Zamboni *et al.* 1991).

El balance entre la traslocación y respiración es bastante constante. Las fluctuaciones responden a que migración y respiración son discontinuos en el tiempo. Con temperaturas altas, la respiración es más activa y cuando ellas se asocian a períodos de sequía, que dificultan la traslocación, la acidez disminuye a ritmo más intenso. La otra causa es la dilución de los ácidos, muy importante en el grano, que duplica su volumen durante la maduración (De Frutos, 1980).

Los polifenoles o compuestos fenólicos son responsables del color de la uva y el vino, y se encuentran en uvas blancas, rosadas y tintas. Generalmente evolucionan como los azúcares pero el máximo no necesariamente coincide con el máximo en la concentración de azúcares sino que se da un poco antes (Mareca, 1983; Morrison *et al.* 1990).

Para vinos tintos dentro del grupo de polifenoles responsables del color encontramos los compuestos antociánicos, cuyo pico de máxima se anticipa al de máxima concentración de azúcares en 8 días; presentándose incluso un poco antes que el pico de máxima concentración de polifenoles, que sucede 3 días antes que el de azúcar (Carbonneau, 1980).

Dentro de los compuestos del aroma, debemos diferenciar entre aquellos que directamente presentan un aroma determinado en la uva: compuestos aromáticos libres, y los que no tienen aroma directamente, pero que luego, en el proceso de transformación dan lugar a compuestos aromáticos o moléculas que tienen aroma: precursores aromáticos. El pico de ambos se da un poco antes que el pico de concentración de azúcares.

Las sustancias del aroma se localizan en la película y un poco en la pulpa (son los aromas varietales), formados por moléculas odorantes y odorígenas y sus formas son libres o ligadas (Mareca, 1983; Champagnol, 1984).

En la maduración hay un aumento constante y la fracción libre disminuye en la sobremaduración. Se cree que las hojas son importantes en su síntesis (Champagnol, 1984).

2.6.1. MEDICIONES PRECOSECHA

A los efectos de obtener la materia prima en las condiciones óptimas para la vinificación es necesario hacer un seguimiento de los diferentes componentes que determinan la calidad enológica de la uva.

Las mediciones precosecha comienzan 20 días después del envero, realizándose en forma periódica, con la finalidad de controlar la evolución de la madurez y determinar el momento óptimo de cosecha. Se realiza un muestreo de granos del viñedo y al mosto obtenido de estos se le realiza los análisis rápidos de rutina (sólidos solubles, acidez total, pH y peso de granos).

Para que los datos obtenidos sobre muestras pequeñas en el seguimiento de la maduración correspondan a la realidad del viñedo, estas tienen que ser tomadas cuidadosamente. No todos los granos del racimo, ni los racimos de la cepa, ni las plantas de una parcela evolucionan en su maduración simultáneamente. Corrientemente se cosechan racimos. En este caso, por más precauciones que se tomen para minimizar las diferencias, buscando que la muestra sea representativa, el error es grande. El muestreo por granos es lo más conveniente (Du Plessis, 1983).

Benvegnin, Capt (citados por Winkler, 1965), compararon el muestreo de uvas y el muestreo de racimos y prefirieron el muestreo de uvas; así mismo Amerine, Roessler (citados por Winkler, 1965), compararon tres sistemas de muestreo: 100 a 200 uvas tomadas al azar de un número grande de vides, 10 a 20 racimos de pocas vides y todas las muestras tomadas de una sola planta de vid. Sus datos indicaron que el muestreo de las uvas es el más simple y el más preciso para evaluar la madurez y también el más económico en tiempo y en ahorro de frutos.

Lissarrague *et al.* (1991) para su estudio ecofisiológico de diferentes exposiciones de vegetación para los análisis del mosto tomaron muestras de 100 bayas por parcela considerándolo suficiente, y se midió azúcar, acidez total y pH.

La recolección de granos en el seguimiento de la maduración es conveniente realizarla siempre a la misma hora (entre las 11 y 13 horas).

El muestreo debe empezar dos a tres semanas antes de la fecha probable de cosecha. Luego que se llega al mínimo de sólidos solubles requerido hay que prestarle mucha atención al pH, acidez total y a la relación azúcar/acidez (Noguera Pujol, 1972).

2.6.2. MOMENTO DE COSECHA

Las uvas presentan dos formas de madurez: madurez fisiológica y madurez industrial. La madurez fisiológica es cuando las semillas llegan a ser aptas para germinar, y la industrial cuando la cantidad de azúcar llega a un máximo requerido o estimado conveniente y la acidez a un mínimo igualmente ponderado (Noguera Pujol, 1972; Oreglia, 1979).

La madurez debe determinarse con precisión y su corrección determina principalmente la calidad del producto dentro de los límites o posibilidades de la variedad. Mientras más fina es la variedad, más importante es su adecuada madurez. Una uva de vid esta madura, cuando llega a una composición química y física que es el óptimo de la variedad y del ambiente para el tipo particular de viñedo para el cual está dedicada. (Winkler, 1965; Troost, 1985).

El pH aumenta con frecuencia paralelamente al aumento de sólidos solubles durante la madurez y puede ser un indicador útil del tiempo óptimo de recolección (Jackson *et al.* 1993).

El cociente entre azúcar y acidez en gramos por litros, es un índice simple de maduración que nos indicará el mejor momento de vendimiar.

Mientras la uva madura el índice crece hasta llegar a un máximo, después del cual, el azúcar no aumenta mas y la acidez también permanece constante. Este será el momento de vendimiar.

Adelantar el momento de la vendimia significa desperdiciar alcohol y retrasarlo perder litros de vino. Si el racimo no fuera cosechado en ese momento comienza a perder peso. Lignificado ya el escobajo, los granos ya no tienen comunicación con la planta. El único fenómeno que tiene lugar es la pérdida de agua por evaporación (Noguera Pujol, 1972; De Frutos, 1980). Según Ferraro Olmos (1989) este fenómeno es acentuado en el cv. *Tannat*.

El retrasar la cosecha implica un aumento relativo del azúcar, la misma cantidad en menos litros de mosto. El índice de maduración permite el máximo aprovechamiento de las cualidades potenciales de una variedad o de un viñedo. Es válido solo para el año en que se práctica y no predice la época de recolección.

La cosecha de la uva o vendimia es la recolección de las uvas que han crecido y madurado durante el año vegetativo. La bondad y peculiaridad de la añada depende del grado de salud y madurez, de la presencia o ausencia de podredumbres en las uvas, del momento y el tipo de vendimia. Los errores y las negligencias que se cometen en el

momento de la recolección acompañaran luego al vino en toda su evolución (Troost, 1985).

Una vendimia demasiado temprana o demasiado tardía, o la falta de pulcritud durante la recolección de las uvas determinan desde el comienzo la bondad de un vino. La uva, como fruto de la vid, es un producto fácilmente deteriorable, y su madurez depende además de la localidad, de los cuidados a que ha sido sometida la viña (Noguera Pujol, 1972; Troost, 1985).

2.6.3. INFLUENCIA DE LAS TÉCNICAS CULTURALES SOBRE LA CALIDAD DE LA VENDIMIA

Las técnicas culturales van a condicionar la calidad de la vendimia al modificar en mayor o menor grado las condiciones del medio y la fisiología de la planta:

- a) Dominio del vigor: hay que tratar de que la cepa tenga un vigor moderado. El vigor está determinado por el suelo, densidad de plantación, portainjerto, fertilización, carga ligada a la poda (Schneider *et al.* 1993).
- b) Relación superficie foliar/ peso de frutos: ya que casi todos los constituyentes de las bayas provienen de la actividad foliar, y particularmente de la fotosíntesis. Solo es posible una óptima maduración, si existe una adecuada superficie foliar por unidad de producción. Es necesario alrededor de 1 metro cuadrado de hojas eficientes y bien expuestas, por kilo de uva para que se pueda alcanzar una buena maduración (Smart, 1990; Tardaguila *et al.* 1993).
- c) Microclima del follaje y frutas: el microclima de las hojas y frutas que condicionan la fisiología dependen del clima general y del sistema de conducción. (Champagnol, 1984).

2.7. MICROCLIMA, CANOPY Y RENDIMIENTO

El rendimiento en materia seca total es el resultado de la eficiencia con que el canopy del cultivo intercepta y utiliza la radiación solar disponible durante la estación de crecimiento. Los principales órganos vegetales que interceptan la radiación solar son las

hojas. Para lograr la máxima tasa de crecimiento del cultivo debe estar presente en el canopy, la cantidad de hojas suficientes para interceptar la mayor parte de la radiación solar incidente sobre el canopy del cultivo (Gardner *et al.* 1985).

El rendimiento de la viña es el resultado de una serie de procesos a través de un periodo de aproximadamente 17 meses antes de la cosecha. Todos estos procesos son afectados por el sombreado en el canopy aún cuando operan independientemente (Smart *et al.* 1990).

La yema que contiene el brote y el racimo para la estación siguiente comienza a crecer temprano en la primavera mientras los brotes se están desarrollando. La floración es un estado crítico en el cual el primordio de racimo se define (Winkler, 1965).

Dentro de la joven yema compleja hay tres pequeños brotes que se desarrollan, que estos brotes den lugar o no a un primordio de racimo va a depender del sombreado en el canopy. Estudios en Australia han sugerido que la luz en la yema es importante en disparar la respuesta. Sin embargo estudios en Nueva York sugieren que son las hojas próximas al nudo las que reciben el estímulo.

Es importante minimizar el sombreado en los brotes que serán podados en el invierno ya que la respuesta de la luz es muy localizada (Smart *et al.* 1990).

El sombreado ha sido identificado como un factor mayor que está reduciendo el rendimiento del canopy y la calidad de la fruta. Mientras la distancia entre los brotes decrece el rendimiento potencial se incrementa pero también conjuntamente aumenta el sombreado. Es importante tener brotes tan estrechamente espaciados como sea posible para promover el rendimiento pero no tan cerrados como para causar sombreado que reduce la calidad de la fruta y o la fertilidad de las yemas (Smart, 1991; Andrew, 1994). La mejor fertilidad de las yemas es encontrada en aquellos sistemas donde se logra la mejor exposición de los sarmientos a la luz.

Estructuras de canopies altos y densos resultan en un sombreado propio de hojas y racimos. Esto puede resultar en un menor número de yemas, lo que se traducirá en un menor rendimiento (ya que existe un riesgo de insuficiente rompimiento de yemas). Un canopy muy ralo o delgado también puede resultar desventajoso creciendo en una estación calurosa y seca (Varga *et al.* 1994)

Una gran brotación depende del número de yemas dejados en la poda de invierno. El porcentaje de brotación se define como el número de brotes por número de yemas dejados. Cuando muchas yemas son retenidas hay un porcentaje más pequeño de brotación que cuando pocos nudos son retenidos.

Estudios recientes han identificado que se reduce el número de yemas que abren en canopies sombreados, presumiblemente por el sombreado del brote en la estación previa. Es común encontrar yemas que no brotan en el interior de canopies densos (Smart *et al.* 1990).

El incremento en la carga de yemas (dejadas durante la poda) causa una reducción en el potencial vegetativo de la viña; mostrado por el incremento en el número de yemas que no brotan y sobre todo en una disminución del vigor; visto en la caída del peso medio (Smart, 1988; Barbagallo *et al.* 1992).

La carga de yemas remanentes luego de la poda de invierno es uno de los aspectos culturales que puede afectar el comportamiento vegetativo y reproductivo de la viña y los parámetros de calidad del mosto.

La carga de yemas interactuando con el cultivar y el sistema de conducción produce efectos claramente evidenciados por ciertos parámetros (disminución del vigor, incremento del rendimiento, reducción del pH) (Carbonneau *et al.* 1987; Murisier *et al.* 1995).

Las condiciones climáticas en la floración son muy importantes para definir el número de frutos de muchas variedades de uva para vino. Climas fríos y húmedos son con frecuencia asociados a un número reducido de bayas por racimo.

El número de frutos se reduce por sombreado y es común encontrar un pobre número de frutos en el centro de canopies densos (Macías Hernandez, 1993).

El rendimiento final está influenciado fuertemente por el crecimiento de la baya que depende de un buen abastecimiento de agua y también de la disponibilidad de azúcar desde la fotosíntesis. El sombreado en el canopy es causa de una reducción en el crecimiento de la baya porque restringe la fotosíntesis y también retrasa el incremento de azúcar, conduciendo todo esto a una tardía fecha de cosecha (Smart *et al.* 1990).

La mayoría de los viñedos que producen vinos de calidad tienden a ser aquellos que tienen de bajos a moderados rendimientos e incluso en algunos casos se cree que altos rendimientos inhiben el logro de la calidad (Jackson *et al.* 1993).

Viñedos con bajos rendimientos y bajo vigor tienen típicamente un canopy abierto con buena exposición de hojas y frutos. Smart *et al.* (1990) sostienen que un mejoramiento en la calidad resulta esencialmente de un buen microclima en el canopy y no necesariamente de un bajo rendimiento y o un bajo vigor. La calidad del vino puede ser mejorada construyendo canopies más abiertos, especialmente en viñedos que tienen alto vigor, alto rendimiento y son típicamente sombreados.

2.8. PESO DE PODA

La productividad de un viñedo es la cantidad de azúcar o alcohol (en kilos) producidos por unidad de superficie (hectárea) o por unidad de tiempo (año) (Martin, 1979).

Los fotosintatos que forman las vides por medio de la fotosíntesis se reparten en hojas, sarmientos, raíces, brotes y frutos. La fotosíntesis neta estaría orientada según dos destinos principales: a) formación de las estructuras del vegetal b) acumulación de glúcidos en forma soluble (bayas) e insolubles (almidón en los órganos). El depósito de almidón puede representar una parte importante de la fotosíntesis neta, pero el control del tenor de almidón de la estructura de la planta es irrealizable (Winkler, 1965; Carbonneau, 1995).

Smart *et al.* (1990) dicen que el peso de la madera de la estación corriente removida en la poda (peso de poda) es un buen indicador del crecimiento vegetativo de la viña durante la estación.

El peso de poda es proporcional al área foliar sostenida por el brote creciendo en la estación previa.

La relación rendimiento - peso de poda es un buen indicador del balance entre fruta y crecimiento vegetativo.

Dentro de las medidas del estado vegetativo y productivo se encuentra el índice de Ravaz: producción de uva - madera de poda. La estrecha relación entre el peso de la madera de poda y la superficie foliar ha sido utilizado por Ravaz que propuso un útil y simple índice del equilibrio vegetativo reproductivo de la planta (Champagnol, 1984).

Bertamini *et al.* (1989), Reynolds *et al.* (1994) han observado que existe un buen equilibrio cuando la relación entre la producción de uva y la madera de poda es de alrededor de 10, valores superiores indican un exceso de producción, mientras que valores alrededor o menores de 3 muestran un vigor excesivo.

Smart (1988) dice que el peso de poda por unidad de longitud de canopy es una guía útil de la densidad excesiva del canopy.

Carbonneau (1980) dice que el peso promedio de la madera por metro cuadrado es el reflejo del vigor (rapidez y duración del crecimiento del sarmiento) y también de las reservas almacenadas en el curso de la maduración, pero no hay relación entre el peso de la vendimia y el peso de la madera.

Después que el alargamiento del brote se ha reducido, los hidratos de carbono comienzan a acumularse en los brotes. La acumulación comienza en la sección media del brote y progresa hacia el apice y hacia la base durante el resto de la estación (Winkler, 1965).

El equilibrio entre la vegetación y la producción de la planta se logra por intermedio de la poda (Smart, 1994).

Con la poda regulamos el número de yemas por hectárea. La carga de yemas remanentes luego de la poda de invierno es uno de los aspectos culturales que puede afectar el comportamiento vegetativo y productivo de la viña, y los parámetros de la calidad del mosto (Barbagallo *et al.* 1995).

El aumento del número de yemas por metro lineal sin modificar el canopy, traería un crecimiento no lineal del rendimiento. El peso promedio del sarmiento decrece, provocando así una disminución de la fertilidad de las yemas.

La superficie foliar total aumenta pero la expuesta se mantiene igual, provocando por lo tanto un amontonamiento del follaje (Murisier, 1991).

Smart (1994) recomienda para Uruguay tener 30 yemas por kilo de poda.

Un kilo de poda representa 7.5 hasta 8 metros cuadrados de superficie foliar (Balcar, 1980).

Así como la carga de las yemas se incrementa la producción aumenta aunque no en forma lineal, el contenido de azúcar y aromas disminuye.

El peso de los sarmientos al pasar de 6 a 10 yemas aumenta en 10 % pero el peso individual de cada sarmiento disminuye en forma sensible (Murisier, 1991).

Castro (1991) tuvo más peso de poda en espaldera que en lira (diferencias significativas) pero contrariamente, Murisier (1993) tuvo más peso de poda en lira que en espaldera.

El índice refractométrico nunca está ligado con el peso de madera, pero el peso de poda está relacionado con el grosor de bayas (Carbonneau, 1980)

2.9. ETAPA PREVIA A VINIFICACION

Luego que se determina la fecha optima para la cosecha, hay que determinar el mejor momento para la vendimia. Es importante considerar el momento del día en el cual se realiza la cosecha, ya que temperaturas elevadas en la uva determinan alta temperatura a nivel del mosto (Peynaud, 1977; De Frutos, 1995).

Altas temperaturas favorecen el desarrollo de ciertas levaduras que dan menor calidad enológica, puesto que transforman menos azúcar en alcohol y dan lugar a más compuestos secundarios. A su vez una temperatura inicial del mosto elevada contribuye a un aumento rápido de la fermentación en detrimento de la graduación alcohólica (Oreglia, 1979; Troost, 1985).

Posteriormente a la realización de la cosecha hay que llevar la vendimia a la bodega. Desde el viñedo hasta el lugar de elaboración del vino, hay una serie de factores a tener en cuenta que son importantes sobre la calidad final del vino, transporte de la uva, envases utilizados y estado sanitario de la uva (Sannino, 1948).

2.9.1. TRANSPORTE DE LA UVA

Las uvas se acarrean ya sea en forma de uva pisada, cuando ya fueron estrujadas en la viña, o en forma de uvas enteras.

Para la bondad del mosto es mejor que la uva llegue a la bodega sin haber sido estrujada, debido a:

- 1- con ello se retrasa el inicio de la fermentación de la uva estrujada durante el transporte, cuando el tiempo es caluroso y el camino a recorrer largo.
- 2- se evita la lixiviación de los escobajos y pieles, y el mosto absorbe menos taninos durante el transporte.
- 3- incluso en el caso de contenedores abiertos, el mosto absorbe menos oxígeno, pues los granos de uva permanecen intactos hasta que son triturados y prensados en una sola operación. Cuanto menos oxígeno se disuelva y fije en el mosto, tanto mas reducidas serán las alteraciones oxidativas que se produzcan en él, y mejor transcurrirá más tarde la fermentación alcohólica. Las influencias negativas son tanto más potentes cuanto más calurosos son los días de la vendimia (Troost, 1985; De Rosa, 1988).

2.9.2. ENVASES

Es recomendable que los envases de transporte de la vendimia, sean de tamaño pequeño, para evitar roturas de los granos por su propio peso, y que sean de materiales sintéticos (polietileno, poliéster, polipropileno). Estos tienen la ventaja de ser ligeros, resistentes a la acidez, no comunican ningún sabor a la uva, son manejables, baratos y fáciles de limpiar (Troost, 1985; De Rosa, 1988; De Frutos, 1987).

2.9.3. ESTADO SANITARIO DE LA UVA

El estado sanitario de la uva también interviene en la determinación de la fecha de vendimia con la misma importancia que la fecha de maduración.

Cuando la podredumbre amenaza, es necesario anticipar la recolección. Esta se debe al desarrollo de diversos hongos y mohos sobre la uva, siendo el más corriente *Botrytis cinerea* (podredumbre gris) (Andrades, 1990; Schneider *et al.* 1993).

Cuando la podredumbre gris se halla muy avanzada, el vino que se obtiene de esa uva presenta sabores desagradables, a hongos y a fenol.

La podredumbre gris es dañina por cuatro razones: porque destruye los antocianos y como consecuencia el color de la uva; porque más tarde provoca en el vino la quiebra oxidásica; porque las sustancias aromáticas contenidas en el hollejo desaparecen, y por último, porque le comunica malos sabores (Peynaud, 1977).

2.10. VINIFICACIÓN EN TINTO

La vinificación es el conjunto de operaciones llevadas a cabo para transformar en vino las uvas y su jugo.

Existen diversos procesos de vinificación que se corresponden con los diferentes tipos de vino y también con las diversas instalaciones empleadas (Oreglia, 1979).

Vinificar racionalmente es aplicar a un caso particular, en condiciones dadas, el conjunto de conocimientos adquiridos sobre los mecanismos y los factores de los grandes fenómenos de la vinificación.

Para la vinificación en tinto, esos factores son: la fermentación alcohólica, la maceración (la disolución específica de diferentes componentes de las uvas) y la fermentación maloláctica. Estos fenómenos por lo regular, se desarrollan en cuatro etapas:

- 1- operaciones mecánicas del tratamiento de las uvas (estrujado, descobajado)
- 2- el encubado (fermentación alcohólica, maceración)
- 3- separación del vino (descube, prensado)
- 4- fermentaciones finales (fermentación maloláctica) (Peynaud, 1977; Troost, 1985; De Rosa, 1988).

2.10.1. OPERACIONES MECANICAS

El trabajo mecánico de la uva comprende las operaciones de estrujado y descobajado con la consiguiente obtención del mosto para fermentar (Peynaud, 1977; Mareca, 1983; Troost, 1985; De Rosa, 1988).

2.10.1.1. ESTRUJADO

El estrujado consiste en romper el hollejo de la uva de modo que libere la pulpa y el jugo. Esta operación puede variar en su intensidad según si el hollejo es simplemente aplastado o triturado.

La estructura de la pulpa puede permanecer casi intacta o por el contrario, las gruesas vacuolas de las células liberar todo el zumo. Así la uva estrujada toma diversos aspectos y el modo de estrujado repercute sobre toda la vinificación (Peynaud, 1977; Troost, 1985).

En todos los casos el estrujado debe hacerse sin laminado de las pieles, trituración de las pepitas ni dilaceración de los raspones. Para ello es conveniente la utilización de molidoras de rodillos (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

Ventajas del estrujado:

Se realiza la primera separación del jugo de la parte sólida haciendo posible el transporte por bombeo, facilita la formación del sombrero del hollejo en la cuba de fermentación y siembra el jugo por dispersión de las levaduras.

También tiene como ventaja que provoca una aireación favorable para la multiplicación de las levaduras activando la iniciación de la fermentación. Facilita la maceración por aumento de la superficie de contacto entre el jugo y la parte sólida, acentuando la disolución del color y polifenoles (Delteil, ----).

Permite un empleo racional del anhídrido sulfuroso. Acorta la duración de la fermentación y facilita su acabado; y también hace que el vino de prensa no quede

azucarado, como cuando una importante producción de granos permanecen enteros. (Peynaud, 1977; De Rosa, 1988)

Inconvenientes del estrujado:

En el caso de uvas podridas, la aireación del estrujado es perjudicial para la calidad y puede bastar para provocar la quiebra oxidásica, además en las zonas cálidas activa demasiado el comienzo de la fermentación.

También produce un aumento de la maceración que es inconveniente para las uvas muy ricas en polifenoles. Con el estrujado se liberan las semillas que ceden sustancias astringentes, además cuanto más enérgico es, más aumenta la disolución de los polifenoles astringentes. Los índices de los taninos aumentan proporcionalmente más que el color. Como último inconveniente tenemos que el estrujado proporciona exceso de fangos y lías (Peynaud, 1977; Troost, 1985; De Rosa, 1988).

2.10.1.2. DESCOBAJADO

Por desgranar o descobajar las uvas, entendemos la separación de los granos de los raspones o escobajos; proceso que se realiza antes de moler las uvas y sin molerlas (Sannino, 1948).

Troost (1985) afirma que los raspones no lignificados, inmaduros, verdes, confieren un sabor no deseado al mosto, especialmente si la temperatura es elevada y si la presión de prensado es alta o si el mosto empieza a fermentar.

Ventajas:

Las ventajas del descobajado están ligadas ante todo a una clara mejora organoléptica del producto final. Los escobajos comunican sabores herbáceos y astringentes al vino y disminuyen las características de finura, esto debido a su elevada carga de polifenoles tánicos (De Rosa, 1988).

En segundo lugar se tiene una cierta ganancia en la graduación alcohólica final. Peynaud (1977) sostiene que con un encubado medianamente prolongado se eleva 0,5 grados la graduación alcohólica. Los escobajos contienen agua de vegetación que diluiría el mosto y no contiene azúcar, ejercen también una acción absorbente sobre el alcohol del vino que se está produciendo.

En base a experiencias, puede verificarse también que la presencia de escobajos aumenta la intensidad colorante de un vino por facilitar la formación de complejos coloreados

entre los flavonoles contenidos en el escobajo y los antocianos (Margheri, 1978; Glories, 1984).

Es importante subrayar, una economía en el volumen manejado, dado que los escobajos constituyen el 3-5 % del peso de la uva (De Rosa, 1988).

Desventajas:

Como desventaja se puede decir que el descobajado hace menos activa la fermentación tumultuosa. Disminuye la superficie de soporte de las levaduras y disminuye la porosidad de la masa, absorbiendo al mismo tiempo una fracción de las calorías que se desarrollan en dicha fase (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

Es menor el rendimiento en el prensado de los orujos precisamente por la porosidad que el escobajo confiere a la masa en el propio prensado y que permite un flujo más rápido del mosto.

El dato más interesante tiene relación con los efectos positivos de la presencia de escobajos en el estrujado de uvas atacadas de *Botrytis*, en el sentido de que en estos el color resulta efectivamente más protegido en el tiempo. No resulta fácil encontrar hipótesis que expliquen éste fenómeno, de cualquier modo se podría pensar que la lacasa actúa preferentemente sobre las catequinas y sobre las proantocianidinas de las cuales los escobajos están bien dotados, preservando parcialmente los polifenoles colorantes. (Peynaud, 1977; De Rosa, 1988).

El descobajado aumenta la acidez de la vendimia, por ser poco ácido y rico en potasio; la diferencia de acidez puede alcanzar 0,5 gramos por litro (Peynaud, 1977).

En el balance entre ventajas e inconvenientes se puede concluir a favor del descobajado en las uvas tintas. En tal sentido se puede decir que la casi totalidad de los vinificadores italianos actúan de tal modo reservando el estrujado sin descobajado solamente a las uvas blancas, dada la necesidad de facilitar el escurrido inmediato (De Rosa, 1988).

2.10.2. COMPOSICION DEL MOSTO

El mosto es el jugo de uva antes de la fermentación. Mosto, del latín (vinum) mustum = vino joven.

Todo tratamiento dirigido de los mostos es un tratamiento anticipado de los vinos (Troost, 1988).

El agua es cuantitativamente el constituyente más abundante del mosto, y oscila entre 650 y 900 gramos por litro, según Tarantola, y de 700 a 800 gramos por litro según Babo (citados por Oreglia, 1979).

En segundo lugar los constituyentes más abundantes, son los azúcares (150-260 gramos por litro), fundamentalmente monosacáridos; dentro de éste grupo los más abundantes son glucosa y fructosa, sustratos principales de la fermentación alcohólica (Oreglia, 1979; Mareca, 1983). Existen también otros azúcares que fermentan más lentamente como la galactosa (menos de 1 gramo por litro) o que no fermentan como la arabinosa y se la encuentra tanto en el mosto como en el vino en concentraciones de hasta 1 gramo por litro.

Otro grupo de componentes son los ácidos, tartárico de 2-5 gramos por litro (poco común en la naturaleza, pero muy abundante en la uva), málico de 0-5 gramos por litro, y cítrico de 0-0.5 gramos por litro (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

La acidez es lo que más influye en la vinificación y en la posterior evolución del vino. Oreglia (1979) considera que el pH ideal para una adecuada fermentación alcohólica oscila entre 3.3 a 3.5.

Existe otro grupo de compuestos, que son las sales orgánicas solubles en agua e insolubles en alcohol. Las más importantes son: bitartrato de potasio 2-6 gramos por litro y tartrato de calcio 0,1-0,4 gramos por litro, las que estarían afectando la estabilidad del vino (González, 1995).

Hay un grupo de compuestos que son los nitrogenados, donde se encuentran aminoácidos y amonio, nucleótidos, péptidos, proteínas y poliaminas. Estos compuestos se encuentran en cantidades de 0.3 a 1.0 gramos por litro según Oreglia (1979).

También se encuentran en el mosto: enzimas como oxido-reductasa, pectinasas, proteasas y glicosidasas; vitaminas; minerales; polisacáridos; compuestos polifenólicos y aromáticos (Sannino, 1948; Ribereau-Gayon, 1972; Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

González *et al.* (1994) estudiaron el grado de madurez de diferentes variedades, teniendo en los mostos del cv. *Tannat* desde los años 1990 a 1994 promedios de acidez de 5.59, 5.50, 5.80, 5.40 y 5.74 gramos de H₂SO₄; y de alcohol probable 10.95, 11.20, 11.90, 12.10 y 11.95.

2.10.3. FERMENTACION ALCOHOLICA

La fermentación alcohólica del mosto es un proceso bioquímico, la transformación de la materia prima llevada a cabo por las enzimas de unos hongos inferiores, unicelulares (Troost, 1985).

La fermentación, que proviene del latín “ferver” y significa hervir, se da espontáneamente y se reconoce por el desprendimiento de gas carbónico, movimiento del líquido, disminución de la densidad y aumento de la temperatura (Sannino, 1948).

Las manifestaciones externas responden a lo que está ocurriendo a nivel bioquímico. Las levaduras emplean una serie de enzimas, sucesiva y ordenadamente para dar lugar a la fermentación. El primer paso bioquímico es la glicólisis que lleva el azúcar del mosto a ácido pirúvico y ATP como forma de energía. Luego, la fermentación alcohólica conduce a la aparición de alcohol etílico, inducido por la fermentación glicero-pirúvica que da origen al glicerol del vino (Peynaud, 1977).

Teóricamente por cada molécula de azúcar (180 gramos) se obtienen dos de alcohol etílico (92 gramos) y dos de gas carbónico (88 gramos) que al desprenderse originan la efervescencia del mosto en fermentación.

Por cada molécula de glicerol se acumula una de ácido pirúvico que dará lugar a los compuestos secundarios del vino (Peynaud, 1977; De Frutos, 1987).

2.10.3.1. MICROBIOLOGIA ENOLOGICA

Los microorganismos del vino son levaduras y bacterias (Sannino, 1948; Ribéreau-Gayon, 1972).

Las bacterias tienen una sola intervención útil y es en la fermentación maloláctica. Toda otra intervención de las bacterias es negativa, puesto que consumen compuestos orgánicos del vino (Troost, 1985).

Las levaduras son los agentes de la fermentación alcohólica.

Las poblaciones de levaduras son extremadamente densas, del orden de 80000 a 120000 por milímetro cúbico (Peynaud, 1977).

El grano de uva no es liso, su epidermis está recubierta de una materia cerosa que forma escamas, la pruina, que retiene los microorganismos (Peynaud, 1977; Macías Hernández, 1993).

En la uva verde apenas hay levaduras, es después del envero que aumenta su número, cuando los racimos empiezan a ser visitados por gran cantidad de insectos que portan los microorganismos. Sobre las uvas se encuentran por lo tanto los microorganismos útiles para la vinificación, mezclados juntos con los de las enfermedades del vino (Peynaud, 1977; De Frutos, 1980).

2.10.3.1.1. LEVADURAS UTILES

La microflora de las levaduras es conocida en la mayor parte de las regiones vinícolas. Todas presentan una gran analogía. En los viñedos de las diversas partes del mundo se encuentran las mismas especies de levaduras, acaso con algunas diferencias debidas a la variedad climática (Troost, 1985).

El número de levaduras contenidas en los racimos, cuando éstas se encuentran en la cepa, es bajo e irregular (Peynaud, 1977).

Las levaduras de la uva no son absolutamente iguales a las de los mostos en fermentación.

2.10.3.1.2. LEVADURAS DE VINIFICACION

Las especies se pueden dividir en tres grupos: levaduras principales, levaduras con características especiales y levaduras raras y accidentales (Peynaud, 1977).

Las levaduras más extendidas, que se encuentran en casi todos los mostos, son: *Saccharomyces ellipsoideus*, *Saccharomyces Rossei*; *Saccharomyces Bayanus*, *Kloeckera*, *Hanseniaspora uvarum*. Estas representan por lo menos el 90 % de las levaduras totales (Peynaud, 1977; Troost, 1985; De Rosa, 1988).

Las levaduras que más frecuentemente pueden ocasionar trastornos en los vinos son: *Saccharomyces ludwigi*, *Brettanomyces*, *Candida vini*, *Picchia* y *Hansenula*.

2.10.3.1.3. SUCESION DE LEVADURAS DURANTE LA FERMENTACION

Las diferentes especies se relevan durante el curso de la fermentación del mosto.

Las levaduras apiculadas aseguran el inicio y la primera fase de la fermentación. A ellas se debe el primer grado de alcohol. Carentes de esporas o con difícil formación de esporas, se encuentran ya en la uva en estado de levaduras activas.

Las levaduras apiculadas no pueden formar más de 3 o 4 grados de alcohol (Oreglia, 1979).

Las *Saccharomyces* invaden muy rápidamente el medio y, a la mitad de la fermentación, las levaduras del principio ya han desaparecido. Entre las levaduras elípticas se encuentran cepas de poder alcohólico variado, llegando de los 8 a los 16 grados (De Rosa, 1988).

Hacia el final de la fermentación, después de *Saccharomyces elipsoideus*, la dominante es la *Saccharomyces oviformis*. En los mostos ricos, cuya fermentación final es difícil, esta levadura es la última en actuar. Si el mosto las contiene en cantidades muy elevadas, puede llegar a sobrepasar los 18 grados de alcohol (Peynaud, 1977; De Rosa, 1988).

2.10.3.1.4. CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DE LAS LEVADURAS

Las condiciones de desarrollo de las levaduras, de su crecimiento o multiplicación, son las mismas de la fermentación. Solo se produce la fermentación del azúcar y su transformación en alcohol cuando las levaduras se desarrollan bien. La detención de la fermentación indica la detención del crecimiento y la muerte de las levaduras (Peynaud, 1977).

Como todos los seres vivos, las levaduras tienen necesidades precisas en lo que se refiere a su nutrición y al medio en que viven. Son muy sensibles a la temperatura, necesitan oxígeno, una alimentación apropiada en azúcares, en elementos minerales, en sustancias nitrogenadas y en factores de crecimiento (Oreglia, 1979; De Rosa, 1988).

El desarrollo de las levaduras en un medio que no se renueva como es el mosto, se da por una fase de latencia (adaptación al nuevo medio), luego empiezan a multiplicarse hasta que la tasa de crecimiento se hace máxima y cuando un factor de crecimiento se hace limitante (falta de azúcar, o exceso de alcohol) comienza la declinación. La proliferación en la fase anaeróbica se hace por las enzimas respiratorias que en el elevado estado de oxidación constituyen una reserva de oxígeno que permite la reproducción de 4 o 5 generaciones (Peynaud, 1977; Troost, 1985).

La temperatura es un factor preponderante para la vida de las levaduras. Estas no se desarrollan bien, mas que en una escala de temperaturas relativamente corta, hasta 20 grados centígrados como máximo.

Por debajo de 13 o 14 grados centígrados el inicio de la fermentación de una vendimia es prácticamente imposible.

La fermentación no se produce bien por encima de los 35 grados centígrados. Cuando esta temperatura se alcanza la actividad de las levaduras cesa progresivamente e incluso mueren. Esto puede suceder incluso desde 30 o 32 grados centígrados (Peynaud, 1977).

En cuanto a la nutrición, las levaduras de vinificación están constituidas por un 25 a un 60 % de materias nitrogenadas. Para formar sus células y para reproducirse necesitan encontrar en el medio en que viven suficiente nitrógeno fácilmente asimilable.

El nitrógeno amoniacal es el primer alimento nitrogenado consumido por las levaduras elípticas y le siguen ciertos aminoácidos libres como el ácido glutámico (Peynaud, 1977).

Las levaduras trabajan mejor con un pH 4.0 que con un pH 3.0.

Cuando una fermentación se detiene no se debe a una falta de acidez, sino a un exceso de temperatura que asfixia las levaduras. Pero, sin embargo, una acidez débil puede convertir en muy graves las consecuencias de esa detención, pues las bacterias de enfermedades se desarrollan más fácilmente cuanto más débil es el medio ácido. Es preciso interpretar el papel de la acidez en vinificación del siguiente modo: no favorece el desarrollo de las levaduras, pero perjudica a las bacterias peligrosas en caso de cese de la fermentación (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

2.10.3.2. FACTORES A CONSIDERAR EN EL CONTROL DE LA FERMENTACION

2.10.3.2.1. TEMPERATURA

La rapidez de la transformación del azúcar aumenta con la temperatura.

La actividad de la fermentación se duplica con una diferencia de 10 grados centígrados (Peynaud, 1977).

La cantidad de azúcar que pueden transformar las levaduras o el grado alcohólico que pueden alcanzar depende de la temperatura. Cuanto más elevada es la temperatura más rápido comienza la fermentación, pero se detiene antes y el grado alcohólico alcanzado es menor. Como consecuencia cuando se quiere alcanzar un grado alcohólico elevado es necesario mantener una temperatura de fermentación bastante baja.

Teóricamente, si la fermentación se realizara en forma instantánea el mosto experimentaría un aumento brusco de temperatura del orden de 25 grados centígrados,

(por las 25 kilocalorías por mol liberadas) que sumado a la temperatura inicial de vendimia, llegaría a los 40-50 grados centígrados.

En la práctica de bodega no sucede de ésta manera porque la fermentación transcurre durante varios días, en los cuales gran parte del calor producido se disipa, a través de las paredes de los depósitos, evaporación del agua y desprendimiento de gas carbónico (De Frutos, 1995).

Cuanto más baja sea la temperatura de la uva, más bajo será el máximo de temperatura que se alcanzará en bodega. Pero con temperaturas muy bajas las levaduras no arrancan la fermentación rápidamente, con el riesgo de una posible intervención de microorganismos indeseables.

El aumento de temperatura de una fermentación bien conducida es igual a los grados Baume del mosto más 2 o 3 grados centígrados (De Frutos, 1995).

Según Troost (1985) es conveniente la utilización de envases con alta relación superficie - volumen para que la liberación de calor sea mayor, y que sean cilíndricos, de altura igual a 4 o 6 radios.

Durante la marcha fermentativa conviene realizar dos lecturas de la temperatura al día. Esto debido a que altas temperaturas favorecen el desarrollo de levaduras de baja eficiencia en la producción de alcohol. También puede haber una pérdida de aromas por una fermentación muy rápida.

Temperaturas muy altas, pueden provocar una detención en el proceso fermentativo (paradas de fermentación), y temperaturas muy bajas ocasionar problemas en el inicio de la fermentación (De Rosa, 1988; Vivas, 1993).

2.10.3.2.2. AIREACION

Las levaduras necesitan oxígeno para multiplicarse. En ausencia completa de aire, en el mosto, se producen solo algunas generaciones y su reproducción se detiene. Si el estado de asfixia se prolonga la mayoría de las células mueren (Peynaud, 1977).

Pasteur define la fermentación como “la vida sin aire”, porque una célula de levadura privada de oxígeno encuentra la energía que le es necesaria en la transformación del azúcar. Pero para conseguir una fermentación prolongada y obtener productos fermentados que cifren 10 grados de alcohol e incluso más, deben formarse constantemente nuevas generaciones de levaduras y, por lo tanto, le es indispensable el oxígeno.

La molienda y trasiego a los envases de fermentación hacen que el mosto recién encubado este saturado de oxígeno, útil para el arranque de la fermentación (De Rosa, 1988).

2.10.3.2.3. REMONTAJE

Consiste en sacar mosto a través de la canilla colocada en la parte inferior de la cuba dejándolo caer desde cierta altura a una pileta o cuba. La fuerza de la caída provoca una emulsión que facilita la disolución del oxígeno.

La duración del remontaje se calcula de acuerdo con el contenido del depósito a remontar. El bombeo de un tercio o de la mitad del mosto de la cuba es un volumen necesario y suficiente (De Rosa, 1988).

El efecto del remontaje es diferente según el momento en el cual se realice. Pero cuando se emplea para activar el trabajo de las levaduras debe hacerse al comienzo de la fermentación.

El remontaje debe hacerse cuando las levaduras están en plena multiplicación, en la fase exponencial del crecimiento que corresponde a las primeras horas de la fermentación. (Peynaud, 1977)

Efectos del remontaje:

- 1- mayor aireación del mosto.
- 2- mezcla de las diversas zonas del depósito de fermentación a los efectos de homogeneizar el mosto.
- 3- distribución de levaduras por toda la masa debido a que la mayor parte de las mismas se encuentran en la zona que el vino baña el hollejo.
- 4- acentuación de la maceración al desplazar el jugo intersticial del hollejo, acentúa la disolución de la materia colorante, antocianos y taninos, así como otros constituyentes del hollejo.
- 5- equilibra la concentración alcohólica del momento, concentración mucho mayor en el líquido que está embebido en el sombrero que en el líquido presente en la parte más baja del depósito. Tal equilibrio disminuye momentáneamente la concentración alcohólica en el nivel de la masa donde hay una mayor cantidad de levaduras, las cuales son de esta manera llevadas a condiciones más favorables y por lo tanto activadas nuevamente (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979; De Rosa, 1988).

2.10.3.3. INTERVENCIONES DURANTE LA FERMENTACIÓN

2.10.3.3.1. ANHÍDRIDO SULFUROSO

El anhídrido sulfuroso es el aditivo más utilizado en enología.

Múltiples propiedades del anhídrido sulfuroso lo convierten en un producto irremplazable cuando se emplea en dosis adecuadas (Peynaud, 1977; Mareca, 1983).

El anhídrido sulfuroso total está constituido básicamente por el anhídrido sulfuroso libre, más el anhídrido sulfuroso combinado. El primero se presenta fundamentalmente en tres formas: H_2SO_3 (ácido sulfuroso), SO_3 (sulfito), algo de HSO_3 (bisulfito). El segundo se conoce en tres formas: ácido aldehído sulfuroso (70 a 80 %), ácido glucosulfuroso (1 %), y ácido sulfuroso residual (20 %).

A un pH de 3.3 y una temperatura de 20 grados centígrados, el anhídrido sulfuroso libre estaría constituido por 2.8 % de SO_2 y H_2SO_3 , teniendo ambos, efecto bacteriostático; 96 % HSO_3 ion bisulfito que se combina con diferentes sustancias principalmente acetaldehídos; y 0.9 % SO_3 oxidable (Troost, 1985).

Es necesario, por otra parte precisar que de las citadas formas de anhídrido sulfuroso libre, la más activa es la molecular (SO_2 en solución en forma de H_2SO_3) (De Rosa, 1988). Esta fracción molecular representa un porcentaje variable de la fracción libre en función del pH del vino y precisamente es del orden del 6 % a pH 3.0 y del 2.5 % a pH 3.4. De aquí deriva que con pH 3.4 se puede tener una cantidad de SO_2 de 2 a 3 veces superior que a pH 3.0 para obtener el mismo poder antiséptico (Oreglia, 1979; De Rosa, 1988).

Las propiedades más interesantes del SO_2 dependen esencialmente de su fracción libre y las sustancias de mayor efecto combinante con el SO_2 , son las que presentan el grupo carbonílico ($\text{C}=\text{O}$), entre ellos en particular el acetaldehído y los ácidos cetónicos: pirúvico y glutámico (De Rosa, 1988).

Las formas combinadas no tienen efecto alguno y forman las borras.

Todas las formas están en equilibrio, por lo tanto cuando una varía cuantitativamente las otras también lo hacen hasta volver a alcanzarlo. Por cada nueva adición de SO_2 al vino, aumenta su proporción de anhídrido sulfuroso libre, pero también del combinado a través de su forma bisulfito, por eso se encuentra siempre menos bisulfito del que se ha añadido (Oreglia, 1979; Troost, 1985).

2.10.3.3.2. PROPIEDADES DEL ANHIDRIDO SULFUROSO

No existe prácticamente vino que carezca de anhídrido sulfuroso, porque las levaduras pueden producir sulfitos durante la fermentación alcohólica.

Los efectos del anhídrido sulfuroso según Oreglia (1979), Mareca (1983), Troost (1985) y De Rosa (1988):

Efecto antioxidante: protege contra las oxidaciones.

Actúa principalmente sobre las PFO, tirosinasas de uvas sanas y también frente a las lacasas.

El SO₂ evita así la quiebra oxidásica, impidiendo el pardeamiento del vino, forma grave de la oxidación enzimática.

Efecto reductor: el anhídrido reduce a las sustancias contenidas en el mosto y en el vino, que fueron oxidadas durante la vinificación. Al reducir las sustancias oxidadas, el SO₂ capta el oxígeno disuelto y se oxida pasando a SO₄.

Bioestático: sobre los microorganismos del vino. A bajas dosis retrasa el comienzo de la fermentación, pero acelera la multiplicación de levaduras.

Selectivo: a dosis convenientes el SO₂ provoca selección entre especies de levaduras. En el mosto existen en la primera fase levaduras apiculadas que no son deseables para la calidad del vino, pero el SO₂ las inhibe. Por otro lado el SO₂ determina también una selección bacteria-levadura, puesto que las bacterias son más sensibles, siendo incluso inhibidas por el SO₂ combinado.

Disolvente: tiene un efecto necrosante sobre las células del hollejo, que intensifica la maceración facilitando la disolución de los distintos compuestos fenólicos (Troost, 1985)

Mejora en el sabor del vino: ya que fija o bloquea al acetaldehído que se forma como producto secundario de la fermentación alcohólica y que determina características organolépticas indeseables.

2.10.3.3.3. DOSIS

Las dosis empleadas deben tener en cuenta múltiples factores: grado de madurez de la vendimia, estado sanitario, temperatura, riqueza en azúcar y sobre todo acidez (Troost, 1985).

Legalmente la cantidad de anhídrido total permitida en Uruguay es de 250 miligramos por litro. Este máximo de 250 miligramos por litro de anhídrido total presenta un 10 % de tolerancia. Un vino puesto al consumo con una cantidad mayor no es apto, puesto que resulta tóxico para el consumidor.

González *et al.* (1994) realizaron un estudio en vinos uruguayos librados al consumo, determinándose las concentraciones de anhídrido sulfuroso total y libre, mediante los métodos oficiales de la OIV. Los resultados promedio obtenidos para los vinos tintos fueron: anhídrido sulfuroso total 147.7 miligramos por litro; anhídrido sulfuroso libre 10.3 miligramos por litro y anhídrido sulfuroso activo 0.18 miligramos por litro.

2.10.3.3.4. MOMENTO DE AGREGADO

Hay que sulfitar inmediatamente después del estrujado y antes de que se inicie la fermentación. Si ya ha habido desarrollo de levaduras, el anhídrido sulfuroso pierde rápidamente su actividad, por combinación con etanal o ácido pirúvico.

Durante el proceso de fermentación o inmediatamente a su finalización se pueden hacer agregados de anhídrido sulfuroso, para controlar posibles alteraciones (Peynaud, 1979).

2.10.4. MACERACION

Una de las características fundamentales de los vinos tintos es su obtención por fermentación en presencia de las partes sólidas (De Rosa, 1988).

Por maceración se entiende el paso por medio de la oportuna solubilización, de un complejo de sustancias extractivas de los hollejos al líquido que las embebe y que es sede de la fermentación alcohólica (Oreglia, 1979).

Entre las sustancias extractivas, predominan los compuestos fenólicos, en particular sustancias colorantes del grupo antocianico y polifenoles del grupo tánico. Después las sustancias que constituyen los aromas primarios (presentes, como ya se ha visto,

esencialmente en las células de la piel). Por último sustancias pécticas, ácidos orgánicos y sus sales, sustancias nitrogenadas, fosforadas, etc. (Delteil, ----).

Durante el proceso de maceración se conjugan dos fenómenos fundamentales: disolución y difusión. La disolución es el paso de una sustancia, de la célula, generalmente de las vacuolas, a la fase líquida. Se facilita por la acción mecánica sobre los tejidos de la uva y por la fragmentación de las partes sólidas según la intensidad del estrujado (Peynaud, 1977). La difusión consiste en el pasaje de la materia colorante a través de la membrana de las células (Oreglia, 1979; De Rosa, 1988).

La eficacia de la maceración depende de una serie de factores que la condicionan tanto en sentido positivo como negativo, aumentando o disminuyendo la cantidad de las sustancias extractivas en el líquido (Vivas, 1993).

La temperatura es uno de los parámetros que más influye sobre el resultado de la maceración. A un aumento de temperatura corresponde una mayor solubilización en el líquido, de sustancias extractivas, procedentes de las células del hollejo (Vivas, 1993).

De Rosa (1988) afirma que las temperaturas ideales para vinificaciones en tinto, se sitúan entre los 25 y 30 grados centígrados, para lograr una alta extracción de compuestos polifenólicos. Aumentando la temperatura de maceración 10 grados centígrados, el contenido de taninos aumenta un 10 %.

El tiempo de maceración estará en función del vino a elaborar. Una maceración muy corta conduce a vinos ligeros, poco provistos en polifenoles, y el contenido en antocianos es inestable en el tiempo. Una maceración corta da un vino rico en polifenoles, pero todavía no se dan las reacciones de polimerización y condensación. Una maceración prolongada permite obtener vinos ricos en polifenoles, con reacciones de combinación y polimerización, haciéndolos aptos para el añejamiento (Vivas, 1993; Delteil, ----).

También entre los factores que se relacionan directamente a la maceración está el grado de estrujado, que provoca la rotura de las membranas celulares, facilitando el paso de los componentes celulares y aumentando la superficie de contacto con los solventes. Un estrujado intenso provoca un aumento del contenido de borras y afecta las características organolépticas (Oreglia, 1979).

Otro factor relacionado es el ambiente asfíctico, típico de la fermentación alcohólica, que modifica las características físicas de las membranas celulares haciéndolas más permeables, facilitando el pasaje de sustancias hacia el exterior de las células (De Rosa, 1988).

La concentración alcohólica actúa como disolvente de los constituyentes celulares, con preferencia inicial hacia los antocianos seguidos de los taninos. También actúa destruyendo las células (Oreglia, 1979; De Rosa, 1988).

Otro factor, es la cantidad de SO₂ presente, que actúa como disolvente, fundamentalmente sobre los colorantes antociánicos (Troost, 1985; De Rosa, 1988).

El cultivar, así como el grado de madurez y estado sanitario de la uva, son factores a tener en cuenta en el momento de la maceración.

En los vinos tintos, la calidad positiva o negativa preexistente en la uva influye más netamente en el producto final que en los vinos blancos. Esto es debido a que los factores climáticos variables fuertemente de un año a otro, ejercen su acción de forma decisiva sobre los componentes presentes en células del hollejo de las uvas tintas y también porque tales componentes emigran al líquido durante la maceración, mientras que son separados en cambio en la fermentación en blanco (Oreglia, 1979).

2.10.5. DESCUBE

Por descube se entiende el primer trasiego que tiene como fin separar la fracción líquida de la fracción sólida en la cual dicho líquido es macerado por un tiempo más o menos largo (De Rosa, 1988).

El descube consiste en trasegar el vino del depósito de fermentación a otro recipiente. El vino que se trasega del depósito de fermentación es lo que se llama “vino de yema”. El orujo escurrido se saca de la cuba y se prensa.

Se pueden determinar varios tipos de descube. Uno, antes de finalizar la fermentación, cuando el vino todavía está azucarado, y es una encubación corta de tres a cuatro días, que se recomienda por lo general para vinos comunes y se descuba con densidades de 1010 a 1020 (Peynaud, 1977).

Otro tipo de descube es el que se realiza inmediatamente después de la fermentación, en cuanto el vino no tiene cantidades notables de azúcar. En este caso se dice que se descuba caliente. Este método se emplea con los vinos de calidad, cuya dureza se desea evitar y que además se busca una presentación y una comercialización rápida (Peynaud, 1977; Vivas, 1993).

Hay otra forma de descube, y es prolongando la maceración varios días después de terminada la fermentación. En éste caso se dice que se descuba en frío. Se emplea para los vinos de envejecimiento y en los años o las regiones de maduración mediana (Peynaud, 1977; De Rosa, 1988).

2.10.6. PRENSADO

Una vez extraídos los orujos fermentados del depósito se someten a un prensado con el fin de extraer la totalidad del vino que aún contienen. Este vino se llama “vino de prensa” y representa, aproximadamente un 15 % de la totalidad del vino elaborado (Peynaud, 1977).

Cuanto más energético es el prensado se obtiene mayor cantidad de jugo con mayor acidez, pero si se rompen mucho los hollejos se liberan cationes que se combinan con los ácidos aumentando el pH porque parte de la acidez se neutraliza. Esto estará determinando la importancia del tipo de prensa a utilizar. Las prensas que ejercen menor presión (como las neumáticas) son las recomendadas para la elaboración de vinos de calidad (Troost, 1985).

Si proviene de buenas cepas, el vino del primer prensado es rico en elementos aromáticos y en taninos nobles.

2.10.7. FERMENTACION MALOLACTICA

A la fase de transformación rápida de azúcar en alcohol y el mosto en vino le va a suceder otra de modificaciones más lentas, más cualitativamente importantes, a veces esenciales.

Este período corresponde a lo que se llama fermentación secundaria o fermentación de acabado o de afinamiento (De Rosa, 1988).

La fermentación maloláctica es la transformación del ácido málico en ácido láctico por intervención de las bacterias lácticas con la consiguiente disminución de la acidez. La reacción global teórica, de la fermentación maloláctica, se expresa del modo siguiente: 1 gramo de ácido málico es igual a 0.67 gramos de ácido láctico más 0.33 gramos de ácido carbónico.

Esta fermentación produce un ligero aumento de la acidez volátil normalmente del orden de 0.1 a 0.2 gramos por litro, debido al ataque, al ácido cítrico por las bacterias lácticas (Peynaud, 1977).

El aumento de la calidad organoléptica se debe a la sustitución de un ácido de sabor muy pronunciado y fuerte como el ácido málico, por otro ácido más débil y menos agresivo a las papilas de la lengua como el ácido láctico (Mareca, 1983).

El efecto de la fermentación maloláctica sobre un vino joven le provoca la pérdida de su sabor acerbo y duro, y se vuelve suave. Su acidez disminuye, su color se modifica, tornándose menos rojo vivo y hasta el aroma se transforma, alejándose del de la uva y enriqueciéndose en matices y en vinosidad (Peynaud, 1977; Mareca, 1983).

Un vino tinto no puede considerarse estable hasta que esta fermentación no se haya realizado, y en particular para aquella gama de vinos tintos que se quieren poner al consumo jóvenes. Una fermentación maloláctica que se produce en vino embotellado, lo enturbiaría, daría lugar a un depósito, crearía en el interior de la botella un desarrollo de anhídrido carbónico en cantidad importante, como para comunicar un clarísimo efecto de aguja en un vino en el que no estaba previsto, desnaturalizando el equilibrio organoléptico (Peynaud, 1977).

2.10.7.1. CONDICIONES DE LA FERMENTACION MALOLACTICA

Los factores más importantes que condicionan la fermentación maloláctica son, la acidez real del vino, la cantidad de anhídrido sulfuroso empleado en la vinificación, temperatura, aireación y nutrición (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979; Mareca, 1983).

pH:

A medida que el pH desciende nuevos tipos de bacterias se encuentran inhibidas y la fermentación maloláctica es a la vez más difícil y más pura. El pH óptimo para estas bacterias se sitúa entre 4.2 y 4.5 (muy por encima del pH de los vinos).

Por debajo de pH 2.9 la fermentación maloláctica no es posible; entre pH 3.0 y 4.0 la fermentación maloláctica se inicia más rápidamente según el pH sea más elevado (Peynaud, 1977).

Temperatura:

La fermentación del ácido málico es lenta por debajo de los 15 grados centígrados, mientras que a 20 grados centígrados se efectúa solo en unos días y por arriba de 30 grados centígrados puede ser inhibida (Peynaud, 1977; De Rosa, 1988).

Aireación:

Una aireación dirigida favorece casi siempre el desarrollo de las bacterias; la influencia del aire depende de la especie bacteriana (Troost, 1985).

Nutrición:

Las bacterias malolácticas tienen exigencias nutritivas mucho mayores que las levaduras, sobre todo de aminoácidos. El vino no siempre satisface todas las necesidades nutricionales; en realidad constituye un medio poco favorable limitando con ello la vida de las bacterias (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

Sulfitado:

El anhídrido sulfuroso ataca considerablemente a las bacterias lácticas mucho más que a las levaduras. Las bacterias lácticas son sensibles al contenido de SO₂ libre, y por este motivo su acción está facilitada en los vinos tintos puesto que en ellos los antocianos colaboran decididamente a la combinación del propio SO₂ (Troost, 1985).

La acción del sulfitado depende del pH de la vendimia.

En regiones septentrionales un sulfitado de 5 gramos por hectolitro basta para anular la fermentación mientras que en las regiones cálidas 20 gramos por hectolitro no la impiden (Peynaud, 1977).

2.11. COMPOSICION DEL VINO

El vino es la bebida más compleja de las fermentadas o destiladas, en el cual se han identificado más de 600 componentes. Dichos componentes están en diferentes estados (solución verdadera, dispersión coloidal, etc.), que precipitan a lo largo del proceso de envejecimiento y de acuerdo a las condiciones de conservación (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979).

Los diferentes componentes del vino se determinan por análisis químicos. En enología los análisis químico y sensorial son complementarios. Vinos de un mismo tipo pueden acusar diferencias mínimas al análisis físico-químico y en la degustación encontrarse grandes diferencias.

Jackson *et al.* (1993) dicen que el análisis químico de un vino junto con la determinación sensorial es lo ideal para evaluarlo.

Dentro de los datos analíticos importantes que sirven de base para la evaluación del vino, se encuentra: densidad del mosto, grado alcohólico, extracto, azúcar, acidez titulable, el valor de pH, anhídrido sulfuroso y la acidez volátil (Troost, 1985).

Los solventes más importantes son el agua y el etanol o alcohol etílico.

El compuesto más importante es el agua que se encuentra en cantidades de 850 a 950 gramos por litro.

Le sigue en importancia cuantitativa los alcoholes cuyo rango va de 70 a 130 gramos por litro.

2.11.1. ALCOHOLES

2.11.1.1. ALCOHOL ETILICO

El alcohol etílico o etanol, de fórmula $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, representa del 7 % a 16 % del volumen del vino; siendo su proporción muy importante por su influencia sobre la calidad, conservación y valor comercial (Ribéreau-Gayon, 1972).

Es un producto de la fermentación alcohólica donde se producen también otros compuestos secundarios.

Dentro del grupo de los alcoholes del vino es el más abundante y le otorga a este un sabor dulce y ardiente a la vez (Peynaud, 1977).

Tiene un importante efecto en la conservación del vino, actuando como inhibidor bacteriano, en los vinos licorosos de más de 15 grados no hay problemas de ataque microbiano (Peynaud, 1977).

La cantidad de alcohol presente en un vino está expresada por el grado alcohólico o graduación alcohométrica del mismo. La concentración de los componentes del vino se calculan en gramos por litro, pero el alcohol es el único componente expresado en volumen (Ribéreau-Gayon, 1972).

La O.I.V define el grado alcohométrico como el número de litros de alcohol contenidos en 100 litros de vino, medidos los dos a la temperatura de 20 grados centígrados.

El grado alcohólico mínimo requerido para que un vino pueda ser comercializado en Uruguay es de 10 grados. Un V.C.P debe cumplir con un contenido alcohólico mínimo de 10.5 grados.

2.11.1.2. GLICEROL

Antiguamente llamado glicerina, le sigue en abundancia e importancia al etanol. Se genera en la fermentación glicero-pirúvica que ocurre paralelamente a la fermentación alcohólica. Se forma sobre todo al principio de la fermentación, a partir de los primeros 50 gramos de azúcar fermentables (De Rosa, 1988).

Por su sabor azucarado casi igual al de la glucosa, contribuye al dulzor del vino; le da cuerpo y suavidad, le quita aspereza (Mareca, 1983).

Generalmente se encuentra en el vino de 5 a 10 gramos por litro (Peynaud, 1977).

En el Uruguay su límite máximo legal es del 10 % en peso del alcohol presente. Uno de los parámetros medidos para controlar este hecho es el estrato seco; el cual está formado según Ribéreau-Gayon (1972) por todos los compuestos no volátiles, siendo el principal componente el glicerol.

Hay que considerar que en vinos obtenidos a partir de uvas atacadas por *Botrytis* la cantidad de glicerol se ve incrementada, pudiendo llegar a 20 gramos por litro (Peynaud, 1977).

2.11.1.3. METANOL

Producto de la hidrólisis de las pectinas (pared celular del hollejo). Está presente en cantidades muy pequeñas, no detectándose desde el punto de vista sensorial (Mareca, 1983).

Es un producto tóxico, más abundante en vinos elaborados a partir de variedades híbridas o de frutilla, particularmente si hacemos una maceración larga, donde se pueden encontrar vinos de hasta 500 miligramos por litro (300 miligramos por litro ya se considera una concentración elevada para un vino tinto).

2.11.1.4. OTROS COMPUESTOS ALCOHOLICOS

Dentro de los compuestos alcohólicos, está el butanodiol. Es el cuarto componente en importancia cuantitativa del vino, tiene sabor dulce casi amargo, y se encuentra en cantidades de 0.3 - 1.5 gramos por litro (Oreglia, 1979).

Otro compuesto es el sorbitol. Se utiliza para detectar vinos adulterados con manzana, en los cuales aparecen concentraciones más altas de sorbitol.

También se encuentra el inositol que es un alcohol cíclico de gusto azucarado, tiene propiedades vitamínicas, y se encuentra en la uva y en el vino en proporción de 0.5 gramos por kilo (Peynaud, 1977).

El manitol es un alcohol cíclico, que se produce a partir de la fructosa por el picado láctico. Según Peynaud (1977) este compuesto no sobrepasa los 0.1 gramos por litro.

También hay una serie de alcoholes superiores, que son compuestos indeseables en el aroma de los vinos, y donde tenemos: propanol, isopropanol, metilpropanol, hexanol, heptanol y propanodiol.

2.11.2. ACIDOS Y ACIDEZ

El vino es esencialmente una bebida ácida. La acidez es importante, no solamente porque influye sobre el sabor y color de éste, sino también porque actúa sobre la conservación, determinando la actividad del SO₂ agregado. Determina la actividad enzimática y actúa sobre los procesos de clarificación (Oreglia, 1979).

La acidez del vino está constituida por diversos ácidos orgánicos y ácidos minerales (principalmente en estado de sales), que se encuentran en cantidades de 3 - 7 gramos de H₂SO₄ por litro (Peynaud, 1977).

2.11.2.1. ACIDO TARTARICO

Es el ácido específico de la uva y el vino; representa la tercera o cuarta parte de los ácidos de éste. Es el ácido más fuerte (el que libera más iones H⁺) y estará determinando el pH (Ribéreau-Gayon, 1972; Mareca, 1983).

Según Peynaud (1977), es el que resiste más la acción descomponente de las bacterias.

Su concentración disminuye por precipitación, en forma de cristales de bitartrato de potasio y de tartrato neutro de calcio, provocada por el enriquecimiento en alcohol y el descenso de la temperatura. Una vez hecho el vino, éste contiene dos o tres veces menos ácido tartárico que el mosto del que proviene (Oreglia, 1979).

El ácido tartárico puede ser atacado por bacterias lácticas, formando ácido láctico y acidez volátil; perdiendo el vino acidez fija, volviéndose insípido, sin relieve y su color se vuelve apagado (Peynaud, 1977).

2.11.2.2. ACIDO MALICO

Es el ácido más extendido en el reino vegetal, y se caracteriza por ser un ácido frágil, fácilmente degradable (Mareca, 1983).

Durante la fermentación alcohólica disminuye un 20 % a 30 % bajo la acción de las levaduras, y puede desaparecer totalmente luego de la fermentación maloláctica, en la cual es transformado en ácido láctico y gas carbónico.

A veces la acidez de un vino está determinada fundamentalmente por el ácido málico y entonces convendría impedir la fermentación maloláctica con agregado de SO₂, o también en vinos blancos en los cuales se quiere una alta acidez y aromas varietales (que también se pierden con la fermentación maloláctica) (Peynaud, 1977).

La mayoría de los enólogos consideran que un vino tinto no está acabado hasta que finalice la fermentación maloláctica y desaparezca por completo el ácido málico (De Rosa, 1988).

2.11.2.3. ACIDO CITRICO

Según Peynaud (1977) es un ácido poco abundante en la uva (150 a 300 miligramos por litro), que prácticamente desaparece en el vino por acción de las bacterias lácticas. El ácido cítrico contribuye a evitar la quiebra férrica de los vinos.

2.11.2.4. ACIDO SUCCINICO

No existe en la uva. Es un producto de la actividad de las levaduras (Oreglia, 1979).

Es un compuesto muy importante sensorialmente, ya que su sabor es una mezcla de ácidos, salados y amargos.

Se encuentra en cantidades de 0.5 a 1.0 gramos por litro (Peynaud, 1977).

2.11.2.5. ACIDO LACTICO

No existe en la uva, pero es un componente normal del vino, con su origen en la fermentación (Oreglia, 1979).

Según Peynaud (1977) puede tener tres orígenes:

- a) formación por las levaduras durante el transcurso de la fermentación alcohólica de los azúcares, en cantidad de 0.2 a 0.4 gramos por litro.
- b) formación por las bacterias durante la fermentación maloláctica, a expensas del ácido málico, de 1 a 2 gramos por litro.
- c) por la fermentación láctica de los azúcares, del glicerol, del ácido tartárico u otros componentes en los vinos alterados.

En los vinos hay una mezcla de ácido láctico dextrógiro(L+) y levógiro (L-), y son las bacterias malolácticas las que forman este último a partir del ácido málico (Peynaud, 1977).

2.11.2.6. ACIDO ACETICO

Todos los ácidos anteriores son llamados ácidos fijos del vino, debido a que cuando se destila un vino, no pasan al aguardiente, sino que permanecen en el residuo, formando parte del extracto seco. Por el contrario, el ácido acético es volátil y se vuelve a encontrar en el destilado. La determinación del ácido acético, es muy importante, ya que da la acidez volátil (compuesta en 95% por ácido acético), que es un indicador analítico del estado de conservación de un vino (Ribéreau-Gayon, 1972; Peynaud, 1977; Mareca, 1983).

Los orígenes del ácido acético son según Peynaud (1977):

- a) fermentación alcohólica, debido a que el ácido acético es un producto secundario normal de dicha fermentación. La cantidad formada dependerá de las levaduras, acidez, azúcares y sustancias nitrogenadas del mosto; pero será siempre baja, entre 0.15 a 0.30 gramos por litro.
- b) fermentación maloláctica, en donde el sustrato atacado es el ácido cítrico y las pentosas; produciendo de 0.1 a 0.2 gramos, pudiendo llegar en casos especiales a 0.4 gramos por litro.

- c) alteraciones microbianas, debido a que las bacterias acéticas, al contacto con el aire, son capaces de oxidar el alcohol, produciendo cantidades elevadas de ácido acético, y también por ataques de bacterias lácticas, al abrigo del aire, a ciertos componentes de los vinos. Las alteraciones microbianas pueden producir más de 1 gramos por litro.

2.11.2.7. ACIDEZ VOLATIL

La definición de acidez volátil dada por Fonzès-Diacon y Jaulmes (1930): “la acidez volátil es el conjunto de ácidos grasos de la serie acética que se tienen en el vino. Son excluyentes de la acidez volátil los ácidos láctico y succínico, así como la acidez carbónica y el anhídrido sulfuroso libre y combinado”.

Actualmente se define como: acidez volátil, la que está constituida por los ácidos grasos pertenecientes a la serie acética que se tienen en el vino, en estado libre o salificado (Ribéreau-Gayon, 1972; OIV, 1990).

La acidez volátil esta constituida en un 95 % por ácido acético. Es el principal indicador analítico del estado de conservación de los vinos y de las alteraciones microbianas que los pueden afectar (Ribéreau-Gayon, 1972).

Se considera que si a un vino se le encuentra mediante analisis quimico más de 0.5 gramos por litro de acidez volátil, puede estar sucediendo una alteración microbiana. Con 0.8 gramos por litro hay una alteración muy importante y se puede detectar sensorialmente (Peynaud, 1977).

El limite máximo legal para comercializar un vino es de 1 gramo por litro de acidez volátil.

2.11.2.8. ACIDEZ TOTAL Y pH

Los vinos tienen un cierto número de ácidos; ácidos minerales y ácidos orgánicos. Los ácidos son cuerpos susceptibles de ceder protones; ciertos ácidos del vino son enteramente combinados con bases, estando en estado de sales y por consiguiente no intervienen en la acidez. La mayoría de los ácidos orgánicos, son parcialmente saturados por las bases o salificados (Ribéreau-Gayon, 1972).

La acidez total es la suma de todos los ácidos titulables, cuando se realiza la neutralización a pH = 7.0 por adición de un álcali, estará dando la acidez total. Esta

acidez total no tiene en cuenta la fuerza de los ácidos que la forman (Ribéreau-Gayon, 1972; Peynaud, 1977).

Sensorialmente se considera que existe un equilibrio entre el alcohol que representa el sabor azucarado por un lado, y por otro los ácidos y taninos, que representan los sabores ácidos y amargos.

Muchas de las propiedades de los vinos y muchos de los fenómenos que se desarrollan en él, dependen de su acidez. La acidez real, o concentración de iones de hidrógeno, expresada por el pH, está en relación con la cantidad y la fuerza de los ácidos.

La fuerza de los ácidos está representada por su constante de disociación o capacidad para liberar iones H^+ , y esta concentración se expresa en valor logarítmico. El pH es el cologaritmo de la concentración en iones H^+ , y es una representación cómoda de la fuerza ácida de un vino (De Rosa, 1988; Zamboni, 1991).

El pH del vino, que depende de la naturaleza de sus ácidos, de su concentración y de la proporción en que se hallan saturados por bases, varía de 2.8 a 4.2.

Con un pH superior a 3.6 pueden aparecer problemas en un vino, ya que niveles altos de pH incrementan la actividad de microorganismos tales como bacterias, la intensidad del color es más baja en los vinos tintos, se liga más el SO_2 y se reduce el contenido de SO_2 libre y puede dificultar el óptimo envejecimiento del vino (Jackson *et al.* 1993).

Peynaud (1977) considera que con pH de 3.0 el ataque de bacterias es imposible, pero se hace posible con pH de 3.2, y fácil con pH de 3.4 .

2.11.2.9. ACIDEZ FIJA

Corresponde al resultado de la diferencia entre la acidez total y la acidez volátil (Mareca, 1983).

Según Oreglia (1979) esta constituida por los ácidos tartárico, málico, cítrico, láctico, etc.

2.11.3. SALES

El vino contiene de 2 a 4 gramos por litro de estas sustancias. Son las sales de los ácidos minerales y de algunos ácidos orgánicos y son representadas aproximadamente por el

resultado de la incineración del extracto. Estas sustancias participan del sabor del vino y le dan frescura (Peynaud, 1977).

Básicamente son bitartrato de potasio, tartrato de calcio y malato de calcio. Están asociadas a la estabilidad del vino y la limpidez, ya que con el tiempo pueden precipitar en forma de cristales (De Rosa, 1988).

2.11.4. POLIFENOLES

La importancia en enología de los compuestos fenólicos está dada porque estos cuerpos intervienen en las características organolépticas del vino (sapidez, astringencia, y dureza), en los problemas de higiene alimenticia (efecto vitamínico y bactericida) y en las transformaciones del vino (tratamiento y envejecimiento) (Mareca, 1983).

Estas sustancias que provienen de las partes sólidas del racimo son responsables de todas las diferencias entre los vinos blancos y los vinos tintos (Ribéreau-Gayon, 1972).

Al mismo tiempo, las propiedades de los compuestos fenólicos como fácil oxidación y capacidad de polimerización, son determinantes en la evolución que los vinos pueden tener en el tiempo (Mareca, 1983; De Rosa, 1988).

Ciertos compuestos fenólicos particularmente catequinas y procianidinas presentarían propiedades de protección vascular y protección contra los efectos nocivos de los radicales libres oxigenados y del alcohol etílico (Mareca, 1983).

González *et al.* (1994) estudiaron el contenido fenólico total para vinos tintos comunes y VCP uruguayos, obteniendo los siguientes resultados:

comunes: 1197.6 (media), 768.4 (mínimo), 2308.1 (máximo) y 23.5 C.V. %

V.C.P. : 1110.3 (media), 716.0 (mínimo), 1620.1 (máximo) y 19.0 C.V. %

Los compuestos fenólicos presentes en la uva y el vino se pueden clasificar en: ácidos fenólicos y flavonoides.

El primer grupo comprende a los ácidos benzoicos y ácidos cinámicos; el segundo grupo a los antocianos, flavonoles y las catequinas y leucoantocianos (conocidos como taninos)

2.11.4.1. ACIDOS FENÓLICOS

Sus estructuras están constituidas por un solo anillo benzénico y se encuentran generalmente en forma combinada particularmente con hidróxi- ácidos y azúcares. El vino contiene 7 ácidos benzoicos y 4 ácidos cinámicos (De Rosa, 1988).

La importancia de los ácidos fenólicos está dada por su acción bactericida, dado su bajo contenido en el vino, que se limita a una acción benéfica de contención de la actividad bacteriana en el vino, sin prácticamente interferir en la actividad de las levaduras. De aquí el hecho de que los vinos tintos se defienden mejor que los blancos de los ataques bacterianos (Di Stefano, 1989).

2.11.4.2. FLAVONOIDES

Se caracterizan por tener una estructura general conformada por dos anillos benzénicos, unidos por un heterociclo oxigenado que tiene tres átomos de carbono.

De acuerdo a la estructura del heterociclo se pueden clasificar en flavonoles, antocianos, catequinas o proantocianidinas. (Ribéreau-Gayon, 1972; Mareca, 1983; De Rosa, 1988).

2.11.4.2.1. FLAVONOLES

Se encuentran en las uvas bajo forma de glicósidos, (unidos a glucosa, galactosa y rammosa) y también libres bajo formas de agluconas.

Los azúcares participantes en las combinaciones son glucosa, galactosa, y rammosa.

Los flavonoles son sustancias de color de amarillo más abundantes en las uvas y vinos tintos que en los blancos (Ribéreau-Gayon, 1972; De Rosa, 1988).

2.11.4.2.2. ANTOCIANOS

Son heterósidos, sus moléculas contienen una o dos moléculas de glucosa que la liberan en el transcurso del envejecimiento. El monoglucósido del malvidol es el principal pigmento de las uvas vitiviníferas, mientras que el diglucósido del malvidol es específico de ciertas vides americanas y de sus cruces con híbridas (De Rosa, 1988).

Cada antociano presenta diversas estructuras moleculares, que se encuentran en equilibrio entre sí, de acuerdo al pH del medio. A la estructura catiónica le corresponden aquellos antocianos que característicamente colorean en rojo-violáceo los vinos tintos muy

jóvenes, mientras que a la no catiónica corresponden los antocianos incoloros. Sus equilibrios regulan el color del medio (Glories, 1984; De Rosa, 1988).

Durante la fermentación alcohólica hay precipitación de antocianos, habiendo al final de la misma una cuarta parte de los que originalmente tenía la uva.

Los antocianos se encuentran en cantidades de 200 a 500 miligramos por litro en los vinos jóvenes; presentan color rojo violáceo en medio ácido (color más vivaz y más intenso cuanto más elevada es la acidez real), color azulado o incoloro en medio neutro o débilmente alcalino, y color amarillo en medio fuertemente alcalino (Peynaud, 1977; De Rosa, 1988).

La acumulación de los antocianos en los hollejos se desarrolla paralelamente a la de los azúcares, continúa con frecuencia durante una decena de días después del momento de la maduración y después se detiene (De Rosa, 1988; Macías Hernández, 1993).

2.11.4.2.3. PROANTOCIANIDINAS

También llamados taninos condensados, se localizan en las pepitas y en el hollejo de las uvas y también en el raspón. Presentan gran capacidad de polimerización, y son moléculas que por calentamiento en medio ácido, se transforman parcialmente en antocianos (Ribéreau-Gayon, 1972).

Existen de 1 a 3 gramos por litro de estas sustancias en los vinos tintos y algunas decenas de miligramos por litro en los vinos blancos (Peynaud, 1977).

La astringencia de estos compuestos está ligada a su grado de polimerización y no hay siempre una relación directa entre la cantidad de taninos fijados por el índice de permanganato y el gusto astringente de un vino. La dosificación de las formas condensadas dan una mejor idea de los sabores astringentes. La astringencia está dada por la pérdida de la capacidad lubricante de la saliva, debido a la precipitación provocada por los taninos, de proteínas y glicoproteínas que esta contiene (Ribéreau-Gayon, 1972).

En algunos vinos viejos (sobre todo los añejados en toneles de madera) la presencia limitada de oxígeno provoca un proceso redox y se da la polimerización de estas sustancias, perdiendo su astringencia y ganando suavidad. En los vinos tintos viejos esas sustancias adquieren un color rojo, parecido al color de las tejas, que reemplaza a la coloración más viva y más joven de las antocianas (Glories, 1984; Delteil, ----).

2.11.4.2.4. CATEQUINAS

Se encuentran fundamentalmente en las semillas, y en menor proporción en los escobajos y hollejo. Conjuntamente con las proantocianidinas son los principales monómeros de los taninos (De Rosa, 1988).

2.11.4.3. CARACTERISTICAS DE LOS POLIFENOLES

Los polifenoles son compuestos fácilmente oxidables, por vía química o enzimática, lo que determina fenómenos de pardeamiento de sustratos. Esta propiedad puede dar lugar a transformaciones muy profundas y negativas en las características organolépticas de los vinos. Estas oxidaciones pueden ser catalizadas por metales o por enzimas polifenoloxidasas (Ribéreau-Gayon, 1972).

Los sistemas de vinificación influyen de manera muy importante en los contenidos de polifenoles totales en los vinos. En los vinos tintos, los contenidos de antocianos están condicionados de manera muy importante por las técnicas de elaboración. Arfelli *et al.* (1992) citado por González (1994) determinaron para vinos elaborados con vinificación tradicional en tinto, concentraciones en miligramos por litro de polifenoles totales 1140, proantocianidinas 915, antocianos 61, catequinas 220.

La extracción de polifenoles y materia colorante en particular, va a depender de la duración de la maceración, de la temperatura, de la acidez del medio y de la frecuencia y duración de los remontajes.

Los antocianos son rápidamente extraídos durante la maceración y la intensidad colorante llega rápidamente a un máximo para luego decrecer, mientras que los taninos son extraídos de manera más lenta (Ribéreau-Gayon, 1972; Mareca, 1983; De Rosa, 1988).

En los primeros meses, luego de la vinificación hay disminución notable de los contenidos fenólicos de los vinos, particularmente de antocianos (Di Stefano, 1989).

Moretti (1992) encontró diferentes concentraciones (en miligramos por litro) fenólicas, para 60 y 270 días desde la vinificación: polifenoles totales 1945 y 1510, flavonoides 1693 y 1344, antocianos totales 290 y 194, antocianos libres 197 y 116, flavanos 1450 y 995.

Durante el envejecimiento de un vino tinto las reacciones que ocurren según Glories (1984) son:

- 1- condensación entre antocianos y taninos, que se dan con intervención del

acetaldehído y conducen a moléculas que son más coloreadas que los propios antocianos.

- 2- reacciones de oxidación, que transforman la estructura y el color de diferentes moléculas. Los antocianos son parcialmente degradados, los taninos se polimerizan y pardean, las combinaciones taninos-antocianos son oxidadas, evolucionando su color hacia el anaranjado.
- 3- desaparición de moléculas por precipitación.

2.11.5. SUSTANCIAS NITROGENADAS

Los vinos contienen de 1 a 3 gramos por litro de sustancias nitrogenadas. Estas sustancias apenas tienen influencia sobre el sabor, pero son sustancias nutritivas indispensables de las levaduras y bacterias. Algunas se insolubilizan y crean problemas en la conservación de vinos embotellados (Peynaud, 1977).

El nitrógeno en los vinos se puede encontrar en forma amoniacal, de proteínas llamadas materia albuminoide (se encuentran en forma de macromoléculas en estado coloidal), polipéptidos (moléculas más pequeñas que las proteínas), y aminoácidos (Oreglia, 1979).

2.11.6. VITAMINAS Y ENZIMAS

Según Mareca (1983) son catalizadores de reacciones bioquímicas cuya acción está ligada a la temperatura y pH del medio.

Los vinos contienen vitamina B1, B2, B6, B12, H, ácido pantoténico, nicotinamida y mesoinositol.

2.11.7. SUSTANCIAS VOLATILES Y AROMATICAS

Las sustancias volátiles del vino, de las que muchas son aromáticas, pertenecen a cuatro familias de cuerpos: ácidos, alcoholes, aldehídos y ésteres.

Los aromas del vino se definen como primarios, los que ya existen en la baya y que constituyen una característica varietal; secundarios, que se desarrollan durante la fermentación, y terciarios, que derivan del envejecimiento del vino (Mareca, 1983; De Rosa, 1988).

2.11.8. AZUCARES

La mayor parte del azúcar que todavía permanece hacia el final de la fermentación es la fructosa. Los vinos se pueden clasificar según la cantidad de azúcar total que persiste en: secos (0-5 gramos por litro), abocados (5-15 gramos por litro), semisecos (15-30 gramos por litro), semidulces (30-50 gramos por litro) y dulces (más de 50 gramos por litro) (Mareca, 1983; Troost, 1985).

En los vinos completamente fermentados siempre queda una fracción de fructosa y hasta un poco de glucosa. La uva tiene una pequeña cantidad de azúcares no fermentables, cerca de 1 gramo por litro, constituido por las pentosas y que, por lo tanto se encuentran en el vino. La principal de ellas es la arabinosa, también se encuentra xilosa, galactosa, rafinosa, melibiosa y maltosa (Peynaud, 1977).

2.11.9. EXTRACTO SECO TOTAL

Es el conjunto de componentes no volátiles presentes en el vino, determinado en condiciones físicas que no den lugar a alteraciones de los mismos (Peynaud, 1977; Mareca, 1983).

De Rosa (1988) cita valores de extracto seco total por encima de 21 gramos por litro, para vinos tintos de mediana maceración.

2.11.10. CENIZAS

De acuerdo a Ribéreau-Gayon (1972) y Mareca (1983) las cenizas están constituidas por el residuo de la calcinación del extracto seco, desprovista de todo índice de carbón.

En los vinos tintos de media maceración se encuentran en valores por encima de 2.4 gramos por litro (De Rosa, 1988).

Los componentes cualitativos de las cenizas son los mismos en vinos tintos que en blancos. Sin embargo cuantitativamente existe una diferencia sensible con respecto al calcio, ya que su concentración en los tintos es menor que en los blancos. Esto se atribuye, a una cierta presencia natural de ácido tartárico racémico en las células del hollejo, ácido que después precipita el calcio durante la maceración, lo que no ocurre en los vinos blancos (De Rosa, 1988).

2.12. COLOR DEL VINO

La materia colorante del vino tinto joven, esta constituida de antocianos en estado libre, de combinaciones más o menos complejas entre los taninos y los antocianos, y de taninos condensados. Los vinos viejos no poseen mas antocianos libres, una parte de estas moléculas es degradada por oxidación, y la otra se combina con taninos que son igualmente oxidados, presentando colores con tintes anaranjados (Glories, 1984).

El color dado por los antocianos libres dependerá del pH, de la cantidad de SO₂ libre y de la concentración de taninos que protegen la forma flavylium. El color dado por las combinaciones taninos – antocianos y taninos condensados dependen de la estructura de las moléculas (Glories, 1984).

A los antocianos se deben las coloraciones rojo – violáceas, a los polímeros antocianos – taninos las coloraciones ladrillo, y a los taninos las coloraciones amarillo oscuro o amarillo – anaranjado (De Rosa, 1988).

2.12.1. INTENSIDAD COLORANTE

La extracción de la materia colorante va a depender de la duración de la maceración, de la temperatura, de la acidez del medio y de la frecuencia y duración de los remontajes. Los antocianos son rápidamente extraídos durante la maceración, de ahí que la intensidad de color llegue rápidamente a un máximo y luego decrezca, mientras que los taninos son extraídos de manera más lenta y gradual. La intensidad colorante permite prejuizar el cuerpo, la edad y el estado de conservación del vino (Ribéreau-Gayon, 1972; Mareca, 1983; Moretti, 1992).

Por intensidad, se entiende la suma de las absorbancias a 420, 520 y 620 nanómetros. A un valor numérico mayor le corresponde una mayor intensidad total (Glories, 1984; De Rosa, 1988).

Glories (1984) relaciona las absorbancia a estas longitudes de onda y la intensidad colorante para determinar la contribución al color global de los componentes amarillo, rojo y azul.

$$\% \text{Amarillo } (\%A_{420}) = (A_{420} / \text{intensidad}) \times 100$$

$$\% \text{Rojo } (\%A_{520}) = (A_{520} / \text{intensidad}) \times 100$$

$$\% \text{Azul } (\%A_{620}) = (A_{620} / \text{intensidad}) \times 100$$

$$\text{Aspecto color } (\%dA) = (1 - ((A_{420} + A_{620}) / (2 \times A_{520}))) \times 100$$

Cuando se tienen en vinos tintos, tonalidad y porcentaje de rojo puro muy bajas correspondería a un color oscuro, intenso y con gran contribución de las tonalidades violáceas (Calderon, 1996).

Vinos más coloreados tienen valores más altos de absorbancias, y valores más altos de absorbancia a 520 nanómetros, porcentaje de rojo y porcentaje de rojo puro, tendrían tonalidades más rojas. Valores más altos de absorbancia a 620 nanómetros y porcentaje de azul, y valores más bajos de porcentaje de rojo puro daría vinos con color más púrpura (Calderón, 1996).

2.12.2. TONALIDAD

Por tonalidad se entiende la relación entre los colorantes amarillos (leídos como densidad óptica en el espectrofotómetro a 420 nanómetros) y los colorantes rojos leídos a 520 nanómetros. En tal relación cuanto menor es el valor numérico más elevado es el componente rojo de la mezcla de colores (De Rosa, 1988).

Los vinos tintos pueden variar su tonalidad desde rojo rubí con reflejos violáceos, hasta ladrillo y anaranjado. Los cambios en la tonalidad están relacionados a fenómenos de envejecimiento o a fenómenos de oxidación mas o menos violenta (De Rosa, 1988).

2.13. EFECTO DEL MICROCLIMA EN LA COMPOSICION DEL VINO

El clima de una región y el microclima generado por la geometría del canopy estarán determinando las características organolépticas de las uvas (materia prima) y por lo tanto del vino (Ribéreau-Gayon, 1971; Carbonneau, 1990; Smart *et al.* 1990).

Smart *et al.* (1991); Henschke (1996) consideran que el mejoramiento en la calidad resulta esencialmente de un buen microclima y no necesariamente de bajos rendimientos y bajo vigor. La calidad del vino puede ser mejorada utilizando canopies más abiertos, especialmente en viñedos con alto vigor.

De acuerdo a Carbonneau (1980) y Reynolds (1994), la acumulación de polifenoles y la calidad aromática de las uvas están dependiendo microclima de las hojas y los racimos. En la medida que la calidad de la uva y del vino es más dependiente de los aromas y de los polifenoles que de los azúcares, el microclima por si solo reviste una importancia capital, mucho más que la superficie foliar y aún que la superficie foliar iluminada.

En climas cálidos y soleados el vino es más alcohólico, pero puede tener una pérdida de sabor y aroma (debido a altas temperaturas en racimos), disminuyendo la calidad del vino si estas condiciones son muy pronunciadas (Kliewer 1988; Tardaguila *et al.* 1993).

Tardaguila *et al.* (1993), aseguran que los racimos necesitan de una cierta disponibilidad de luz para garantizar un metabolismo equilibrado; pero que hay que evitar condiciones de excesiva iluminación y temperatura, que pueden provocar graves daños en la calidad de la uva y el vino.

Existe una relación entre exposición de los racimos y hojas al sol, y la calidad del vino. Morrison (1988), Reynolds (1989), Smart (1990), Tardaguila *et al.* (1993) han demostrado que un sombreado de los racimos provoca una reducción de la calidad del vino, puesto que, disminuye el nivel de azúcar y por lo tanto el grado alcohólico del vino, antocianos y polifenoles, al igual que el ácido tartárico, monoterpenos y características varietales.

Por otro lado, el sombreado aumenta en el vino el potasio, el ácido málico, la relación málico tartárico y las características herbáceas, provocando también envejecimiento prematuro del vino.

Estudios realizados en California demostraron que la síntesis de antocianos en los racimos dependen de la concentración de ciertas sustancias endógenas que en gran parte son reguladas por los factores externos.

Las temperaturas máximas diurnas así como las diferencias entre las temperaturas diurnas y nocturnas influyen notablemente sobre la producción de materia colorante (Glories, 1984; Moretti, 1992).

Morrison *et al.* (1990), dicen que el efecto del sombreado en la acumulación de antocianos y en la actividad de la fenilalanina amonio liasa (enzima clave en la síntesis de los componentes fenólicos), varía según los cultivares. Los mismos autores vieron que la concentración de antocianos fue más baja en bayas sombreadas y más alta en bayas expuestas al sol, y que el efecto de hojas sombreadas sobre estos compuestos fue nulo.

Carbonneau (1980) dice que para la formación de taninos es muy importante un microclima adecuado a nivel de bayas y follaje, y demostró que la acidez del vino y particularmente del ácido málico dependerá del microclima al que esté sometida la uva.

Para Kliewer (1971) y Ribéreau-Gayon (1972), la concentración de ácido tartárico parece no tener relación con la exposición de las hojas y racimos al sol. En cambio Calmes (1972), notó un ligero aumento en la concentración (10%) de ácido tartárico cuando las hojas están bien expuestas al sol.

Morrison *et al.* (1990) le dan importancia a la exposición del follaje al sol, ya que canopies con altos porcentajes de hojas sombreadas afectan el pH, contenido de K, el metabolismo del málico y el contenido de azúcar y por lo tanto el grado alcohólico del vino.

El parámetro superficie externa de la cobertura vegetal por kilo de racimos explica la variación de la tasa de azúcares de los racimos. Por lo general es necesario 0.8 metros cuadrados de superficie foliar por kilo de racimo, para tener un tenor suficiente en azúcares. En años climáticamente desfavorables se necesita por lo menos 1 metro cuadrado (Smart *et al.* 1990).

El rendimiento por unidad de superficie siempre tiene un efecto negativo sobre el tenor de azúcar, existiendo una correlación negativa entre -0.82 y -0.98 (Murisier *et al.* 1995).

Carbonneau (1980) sostiene que los viñedos conducidos en espaldera clásica traen como resultado un vino de calidad mediocre, en las viñas semiabiertas el vino presenta frecuentemente un carácter herbáceo. En cambio en viñas abiertas el vino obtenido tiene alta graduación alcohólica, un nivel adecuado de ácidos y sobre todo una gran mejoría a nivel de polifenoles y aromas, a pesar de la producción más elevada.

Castro (1991) comparó características ecofisiológicas en dos sistemas de conducción (espaldera y lira) y sus resultados coincidieron con los de Carbonneau (1979, 1980, 1990) Schneider (1989) y Morrison (1990). Encontró diferencias significativas entre la lira y la

espaldera; teniendo un mayor rendimiento (más de 30 %) y mayor índice foliar (más de 60 %) en la lira, atribuyéndolo a la doble carga y la división de la empalizada en dos planos. También encontró que produce un vino con mejores características organolépticas, con más intensidad colorante, polifenoles, antocianos; pero tuvo más acidez total y más elevado grado alcohólico en el vino obtenido de la espaldera.

Carbonneau (1980) comparando sistemas de conducción, concluyó que la espaldera alta da un vino más ácido, menos color, más herbáceo y menor graduación alcohólica. La lira es mejor para la fotosíntesis global, vigor, rendimiento, y da un vino con mayor graduación alcohólica, más polifenoles, mejor calidad de taninos y mejor complejidad aromática.

Carbonneau comparó en los años 1985, 1986 y 1987 los sistemas de conducción lira abierta y espaldera a través del vino obtenido de cada uno de ellos con los siguientes resultados:

VARIED AD	MERLOT		CABERNET FRANC				CABERNET SAUVIGNON					
	Yemas/ha		40000		40000		45000		45000		40000	
Año	1985		1986		1987		1985		1986		1987	
Sist. cond.	R	LO	R	LO	R	LO	R	LO	R	LO	R	LO
Rend.	6.6	9.4	8.6	9.3	6.7	7.4	10.8	10.9	10.8	10.5	6.5	6.0
Gr. Alco.	12.7	13.0	12.1	12.2	12.1	12.1	12.4	12.4	12.3	12.8	11.9	12.1
pH	3.29	3.36	3.55	3.42	3.57	3.52	3.41	3.36	3.41	3.52	3.53	3.54
Polif.	28.8	50.5	25.0	34.2	34.0	39.7	34.2	40.0	29.8	40.6	38.9	41.8
Antoc.	365	480	323	477	554	547	407	529	394	474	546	609
Degusta.	11.4	12.7	12.0	13.7			12.0	13.7	12.6	13.7		

LO : lira abierta.

R : espaldera alta.

Rend.: rendimiento en toneladas por hectarea.

Polif.: polifenoles mediante índice de folin.

Antoc.: antocianos en miligramos por litro.

Degusta. : degustación realizada con un máximo de 20 puntos.

Castro comparó en el año 1991 los sistemas de conducción lira y espaldera en el cv. *Cabernet Sauvignon*, a través de los vinos logrados en cada uno y obtuvo los siguientes resultados:

SIST. CONDUCCIÓN	ESPALDERA	LIRA
Nº yemas/m ²	4	8
Madera poda g/m ²	420	410
Producción kg/m ²	1.3	1.7
Nº racimos/m ²	8.6	13.9
Peso medio g/racimo	148.0	121.0
Azúcar g/L	196.5	192.0
Ac.total g.H ₂ SO ₄ /L	7.1	6.2
Intensidad colorante	1.1	1.19
Polifenoles ind. folin	30	32
Antocianinas mg/l	638	642

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y MATERIAL VEGETAL

Este ensayo se instaló en la localidad de Juanicó, departamento de Canelones. En dos viñedos del *cv. Tannat* (Harriague), conducidos en espaldera alta y lira. Las plantas conducidas en lira constaban de 12 años y las conducidas en espaldera de 8 años. En ambos viñedos las plantas se encontraban injertadas sobre SO4, portainjerto de alto vigor cuyos genitores son las especies *Vitis riparia* (Michaux, 1803) y *Vitis berlandieri* (Planchon, 1880).

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN

3.2.1. LIRA

Para el sistema en lira se utilizó un viñedo con un marco de plantación de 2.5 por 3.5 m, existiendo un arreglo especial de las plantas (ver anexo figura 3). La altura del primer alambre es 1.05 m, con una abertura superior de 1.40 m. Se seleccionaron 15 parcelas (cada una de ellas con dos plantas) al azar, cumpliendo los requisitos de ser plantas sanas, de desarrollo normal y homogéneo (se constató midiendo el diámetro del tronco a 10 cm. sobre el injerto).

La orientación de las filas es Norte-Sur, con mínima pendiente necesaria para evacuar rápidamente excesos de agua. La poda fue realizada por el productor dejando de cuatro a seis cargadores con cuatro a seis yemas cada uno, y de cuatro a seis pulgares con dos yemas cada uno por planta, totalizando aproximadamente 80.000 yemas por hectárea. Los tratamientos sanitarios fueron a criterio del productor no registrándose problemas a lo largo del ciclo.

3.2.2. ESPALDERA

Se utilizó un viñedo con un marco de plantación de 1.20 por 2.35 m, y una altura del primer alambre de 0.70 m. En este cultivo se seleccionaron veinte parcelas al azar

teniendo los mismos criterios que para la lira, pero cada parcela midió en este caso 3 m quedando tres plantas por parcela.

En este predio las filas también están orientadas Norte-Sur, y el suelo tiene mínima pendiente. Las plantas fueron podadas por el productor a Guyot doble con seis yemas cada cargador y dos yemas cada pulgar, totalizando aproximadamente 58.000 yemas por hectárea. Los tratamientos sanitarios fueron a criterio del productor.

3.3. MEDICIONES A NIVEL VEGETATIVO

3.3.1. SEGUIMIENTO DEL DESARROLLO DE SARMIENTOS

En la espaldera se tomó la planta central de cada parcela y se marcó el pámpano brotado de la yema media del cargador de la izquierda y derecha alternadamente.

En el sistema en lira debido a la existencia de dos paredes de follaje y varios cargadores por planta, en cada una de las quince parcelas, se marcó en el cargador más cercano al tronco, el pámpano de la yema media. Al tener cada parcela dos plantas se marcó un pámpano ubicado en el plano Este para una planta y otro en el plano Oeste en la otra planta.

Los pámpanos fueron marcados con bandas plásticas de colores, que no entorpecieran su desarrollo y medidos con cinta métrica en cuatro momentos: 24/11/95 (fin de floración), 10/1/96 (cierre de racimo), 8/2/96 (envero) y 8/3/96 (una semana antes de cosecha).

3.3.2. DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE FOLIAR DE LA HOJA MEDIA

A los efectos de no modificar la relación fuente-fosa en la parcela de estudio se tomaron en dos momentos, 24/11/95 (fin de floración) y 9/1/96 (cierre de racimo), hojas de características similares a las ubicadas en los pámpanos marcados, es decir, hojas sanas del tramo medio del pámpano medio del cargador, en igual estado de desarrollo y ubicado en una planta próxima a la unidad de muestreo (en iguales condiciones de suelo y microclima). Estas hojas fueron cortadas y medidas sus superficies foliares en laboratorio con una Automática Área Meter-Jica modelo AAC-400.

Se realizaron mediciones también el 8/2/96 (envero), tomándose en este caso las hojas del tramo medio de los pámpanos marcados.

En todas las fechas, se les quitó el peciolo a las hojas previo a la determinación de la superficie foliar.

3.3.3. DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE FOLIAR DE LOS SARMIENTOS

En ambos sistemas de conducción se quitaron el 8/3/96 (una semana antes de cosecha), todas las hojas a cada uno de los sarmientos marcados, las que fueron pesadas en una balanza de precisión EK1200-A.

Posteriormente para cada sarmiento se tomó una muestra de diez hojas en diferentes estados de desarrollo, fueron pesadas y perforadas con un sacabocados de sección conocida. Los discos así obtenidos (de superficie conocida) fueron pesados lo que permitió tener la relación peso/superficie. Teniendo el peso de todas las hojas de cada sarmiento se obtuvo la superficie foliar de cada uno, agregándole también la superficie foliar de la hoja extraída el 8/2/96 (envero).

3.3.4. LONGITUD DE SARMIENTOS EN EL METRO

Previo a la cosecha se seleccionaron al azar 10 parcelas, de las unidades de muestreo antes definidas para cada sistema de conducción. Dentro de cada una de ellas, se marco con cintas plásticas un metro al azar en el cual se realizó la cosecha, la poda de la madera del año y se midió la longitud de sarmientos.

El 15/7/96 una vez removida la madera del año, se midió con metro centimetrado flexible la longitud de todos los sarmientos ubicados en el metro.

3.3.5. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE FOLIAR TOTAL POR METRO LINEAL

A los efectos de determinar la superficie foliar por metro, al momento de la cosecha, se marcaron para cada sistema diez parcelas al azar de un metro de largo dentro de las unidades de muestreo (en este metro marcado fue en el cual también se midió peso de cosecha y peso de poda).

Dichas parcelas fueron podadas el 15/7/96 y se midió la longitud de los sarmientos ubicados en cada metro.

Se calculó la superficie foliar por metro mediante la relación:

$$\frac{\text{Superficie foliar del sarmiento marcado}}{\text{longitud del sarmiento marcado}} = \frac{\text{superficie foliar del metro}}{\text{longitud de sarmientos en el metro}}$$

3.3.6. DETERMINACION DE LA SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA

Se determino la superficie foliar expuesta de la lira y espaldera utilizando el método geométrico empleado por Carbonneau (1986).

Las mediciones de altura y espesor de las paredes de follaje, se realizaron en 10 parcelas de cada sistema de conducción el 12/2/96 (envero).

El método consistió en tomar las paredes de follaje como estructuras geométricas y medir su perímetro.

En el sistema en espaldera la pared de follaje fue considerada como un solo prisma, en tanto que para la lira se tomo como un prisma cada pared de follaje por separada.

Se midió en cada una de las diez parcelas de cada sistema, la altura del follaje (con cinta métrica), desde que comienza la pared hasta que termina. Luego se midió el espesor de la pared de follaje, atravesándola con una regla rígida centimetrada.

Los valores obtenidos fueron promediados para las diez parcelas y utilizados a los efectos de calcular el perímetro expuesto directamente al sol.

La altura se considero como cada uno de los dos lados del prisma, y el espesor como el lado superior expuesto.

3.3.7. ESTIMACIÓN DEL NUMERO DE PLANOS DE HOJAS, PORCENTAJE DE RACIMOS Y HOJAS INTERNAS

Para estimar el número de planos de hojas, porcentaje de hojas internas y racimos internos, se utilizó la técnica del Point Quadrat, perfeccionada por Smart (1991). La técnica consistió en insertar una fina varilla de metal de 1.5 m de longitud y 1/6 pulgada, a través del canopy, registrándose los contactos sucesivos (hojas, racimos, brotes, etc.) hasta atravesarlo totalmente.

Las mediciones fueron realizadas en cuatro momentos: 6/12/95 (cuajado), 10/1/96 (cierre de racimo), 8/2/96 (envero) y 8/3/96 (una semana antes de cosecha), sobre nueve parcelas tomadas al azar en cada sistema de conducción.

Cada parcela se dividió en seis zonas iguales, en las que se realizaron las inserciones a tres niveles diferentes: 80, 120 y 150 cm de altura.

Para el sistema en lira por contar con dos paredes de follaje fue necesario hacer inserciones en ambas paredes. La regla se insertó desde el exterior del lado Este registrándose los contactos sucesivos hasta llegar al eje imaginario que divide las dos paredes, repitiéndose la operación para el lado Oeste.

Los contactos sucesivos de la varilla fueron registrándose en tablas a partir de las cuales se hicieron los siguientes cálculos:

Numero de planos de hojas = numero total de hojas / numero total de inserciones

Porcentaje de racimos internos = numero de racimos internos / numero total de racimos

Porcentaje de hojas internas = numero de hojas internas / numero total de hojas.

3.4. ESTIMACIÓN DE PROCESOS FISIOLÓGICOS

3.4.1. MEDICIONES DE LA ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA

Para estimar la actividad fotosintética se utilizó un analizador de CO₂ por infrarrojo PP System, Ciras-1 que proporciona información en el momento de concentración de CO₂ atmosférico, concentración de CO₂ en la celda de análisis, radiación PAR, temperatura de la cámara, temperatura de hoja, conductancia estomática, CO₂ interno, velocidad de transpiración, energía absorbida por la hoja y fotosíntesis.

Las mediciones se realizaron en dos momentos. El 9/11/95 (floración) donde fue medida la actividad de la hoja media de cada sarmiento marcado en diez parcelas seleccionadas al azar de cada sistema de conducción. El 16/2/96 (finalizado el envero) donde se realizaron mediciones a tres niveles (alto, medio y bajo, en hojas internas y externas en cada sistema de conducción) realizándose treinta y siete mediciones para la espaldera y para la lira solamente cuatro por problemas en el equipo de medición.

3.4.2. ESTIMACIÓN DE POTENCIAL HÍDRICO DE HOJAS

Se hicieron estimaciones del potencial hídrico de las hojas mediante determinaciones de potencial hídrico del agua en el xilema.

El método consistió en cortar una hoja con parte del peciolo (un único corte con trincheta), colocarla en una cámara de presión (Sholander) y elevar la presión del gas en la cámara hasta que se observó que el agua del xilema regresó a la superficie del corte. La presión de la cámara es equivalente al valor absoluto de la tensión que había en el tallo antes de realizar el corte. Dada la distancia existente entre las parcelas, el alto número de hojas a muestrear y las dificultades para trasladar el equipo no fue posible realizar mediciones de potencial hídrico en el lugar.

Para ambos sistemas de conducción y a los efectos de obtener datos factibles de comparación se realizó un muestreo de hojas a campo. Las hojas fueron cortadas e inmediatamente puestas dentro de bolsas cerradas, llevadas en conservadora con hielo y midiéndose el potencial el mismo día en el laboratorio.

Las mediciones se hicieron en dos momentos 11/1/96 (cierre de racimo) donde se recolectaron para ambos sistemas de conducción, a la mañana (8:15-8:40 hs), al mediodía (13:00-13:25 hs) y tarde (19:55-20:35 hs) quince hojas por sistema de conducción, totalizando 90 hojas.

Se tomo en todos los casos la hoja del tramo medio del pámpano del medio del cargador de plantas semejantes a las marcadas. La segunda extracción se realizó el 17/2/96 (luego de envero), en un solo momento del día (11:00 hs), a tres niveles de altura y en hojas internas y externas para cada sistema de conducción.

3.4.3. DETERMINACIÓN DEL COLOR

A las hojas que se les midió la superficie foliar el 9/1/96 (cierre de racimo) y el 8/2/96 (envero) también se les midió color en laboratorio con una Minolta CR200 realizando dos fotos por hoja. Mientras que a las que se les midió la actividad fotosintética el 16/2/96 (después de envero) también se les midió color en el lugar con un colorímetro de mano.

3.5. SEGUIMIENTO DE LA MADURACION

Se realizo un seguimiento de acidez total, pH, sólidos solubles y peso de 100 granos, a partir del 12/2/96 en racimos internos y externos para cada sistema de conducción.

Se extrajeron muestras de 100 granos de racimos externos e internos del canopy en forma separada y totalmente al azar de todas las parcelas para ambos sistemas de conducción.

Se realizaron mediciones de peso de 100 granos con balanza de precisión EK1200-A. Al mosto obtenido mediante un leve licuado de las bayas y colado se le midió: sólidos solubles con refractómetro de mano, pH por el método potenciométrico con peachímetro y acidez total mediante titulación ácido-base.

Los análisis se realizaron en las siguientes fechas: 12/2/96, 23/2/96, 28/2/96, 4/3/96 y 14/3/96, ésta última corresponde a cosecha en la cual se realizaron los análisis sin distinción de racimos internos y externos.

Dos días antes de la cosecha 12/3/96 se realizaron las mismas pruebas pero para 15 parcelas de cada sistema de conducción extrayendo 100 granos completamente al azar de racimos externos y 100 granos de racimos internos en cada parcela.

3.6. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

3.6.1. PESO DE COSECHA

Previo a la cosecha se delimitó con tiras de colores un metro lineal seleccionado totalmente al azar dentro de cada parcela. Dentro de estos metros se realizó la cosecha el 14/3/96.

Se cosecharon por cada metro de parcela, todos los racimos (sin distinción de racimos al sol y a la sombra), en cajones de plástico, que fueron identificados y pesados.

3.6.2. PESO DE PODA

El 17/5/96 se realizo la poda en el metro marcado para la cosecha, y se midió el peso de la madera del año en cada parcela.

Las mediciones se realizaron con balanza de mano.

3.7. MICROVINIFICACION

El 14/3/96 después de cosecha se prosiguió a realizar la microvinificación en la Escuela de Vitivinicultura.

Se separaron 80 Kg de racimos de uva, totalmente al azar, por sistema de conducción y se pasaron por una descobajadora-moledora de rodillos Amos-Heilbronn. Los mostos obtenidos se llevaron a dos tanques de acero inoxidable de 100 L de capacidad, lugar donde se desarrollo la fermentación.

Se hizo un agregado de 3,2 g de metabisulfito de sodio en cada recipiente.

En forma periódica se realizaron remontajes y controles de densidad y de temperatura.

Al sexto día se realizo el descube y se preno el orujo en una prensa manual de tornillo de acero inoxidable. Se realizo por cuatro días mas la fermentación en recipientes de acero inoxidable y se prosiguió con los controles periódicos de densidad y temperatura. Al decimoprimer día se realizo el fraccionamiento en damajuanas de 5 y 10 L para que se diera el acabado de la fermentación.

3.8. ANÁLISIS DEL VINO

A 53 días de comenzada la vinificación (7/5/96), se realizaron por duplicado los siguientes análisis:

- Determinación del grado alcohólico por destilación y densimetria (método OIV)
- Determinación de acidez volátil por método de arrastre de vapor internacional Jaulmes (método OIV).
- Control de anhídrido sulfuroso libre y total por el método rápido iodometrico de OIV
- Calculo del extracto seco del vino por el método densimetrico OIV.
- Acidez total por titulación acido-base (método OIV)
- Determinación de pH por método potenciometrico con peachimetro (método OIV)
- Determinación de azúcares reductores por titulación redox

(método INAVI)

- Determinación de cenizas por incineración a 525°C (método OIV).

En los laboratorios del INAVI. a los 60 días de iniciada la fermentación se realizaron análisis espectrofotométricos (Shimadzu UV-120) por duplicado de:

- Intensidad de color (método Glories, 1984)
- Tonalidad (método Glories, 1984)
- Porcentaje de amarillo (método Glories, 1984)
- Porcentaje de rojo (método Glories, 1984)
- Porcentaje de azul (método Glories, 1984)
- Porcentaje de rojo puro (método Glories, 1984)
- Polifenoles totales (método Singleton y Rossi, 1965)
- Antocianos totales (método Paronetto, 1977)
- Flavanos (método Swain y Hillis, 1959)
- Proantocianidinas (método Masquelie, 1965)

3.9. ANALISIS ESTADISTICO

Se empleo para el análisis de los datos un modelo de diseño completo al azar con parcelas divididas, en las siguientes variables:

- superficie foliar de la hoja del tramo medio del sarmiento. Siendo la parcela grande cada sistema de conducción y la parcela chica cada exposición (este y oeste).
- color de las hojas. Parcela grande cada sistema de conducción, y parcela chica el nivel (arriba medio y abajo) y la posición (adentro y afuera).
- peso de cien granos, sólidos solubles, acidez total y pH. La parcela grande fue cada sistema de conducción y la parcela chica el sitio (sol y sombra).
- largo de sarmiento. Es un modelo de parcelas divididas en el tiempo. Parcela grande fue cada sistema de conducción y orientaciones (este y oeste).

Se realizaron análisis de varianza para: superficie foliar total por metro, peso de cosecha, peso de poda, potencial hidrico, grado alcohólico, acidez volátil, anhídrido sulfuroso libre y total, acidez total, pH, azúcar residual, extracto seco, cenizas, intensidad de color, tonalidad, porcentajes de amarillo, rojo y azul, porcentaje de rojo puro, polifenoles totales, antocianos, flavonoides y proantocianidinas.

Por ultimo se ajustaron modelos de regresión entre superficie foliar de la hoja media y longitud de sarmiento, y entre longitud de sarmiento y superficie foliar de sarmiento.

Para estas variables se realizó un modelo de regresión para cada tipo de sistema de conducción y según orientación en la lira.

Se comparó si los modelos eran iguales o distintos y al resultar iguales se ajustó un único modelo.

Para las variables: número de planos de hoja, porcentaje de racimos internos, porcentaje de hojas internas y superficie foliar expuesta, se realizaron análisis descriptivos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MICROCLIMA Y DENSIDAD DEL CANOPY

El análisis de crecimiento y desarrollo de los sarmientos, así como mediciones de la superficie foliar y del número de planos de hojas, contribuyen a explicar algunos de los componentes críticos que conforman el canopy y su densidad (Smart, 1990; Reynolds, 1994).

4.1.1. SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA

Los datos de superficie foliar expuesta obtenidos a partir del método geométrico empleado por Carbonneau (1980) y Smart (1991) fueron para la lira de 5.82 m²/m y para la espaldera de 3.20 m²/m lineal de fila al momento del envero.

Los valores a la hectárea, 16628 m²/há para la lira y 13617 m²/há para la espaldera mantienen la diferencia significativa a favor de la lira.

Cuadro 1: Superficie foliar expuesta por metro de canopy y por hectárea.

	S.F.EXP. m ² /m	S.F.EXP. m ² /ha
LIRA	5.82	16629
ESPALDERA	3.20	13617

Los resultados están próximos a los reportados por Carbonneau (1980) quien cita valores de 13600 m²/há para espaldera y 18100 m²/há para lira. Las diferencias podrían ser debidas a efectos de la variedad y del clima

La diferencia de superficie foliar expuesta encontrada entre sistemas es debida fundamentalmente al arreglo de los sarmientos en el espacio, dado que la lira al tener el follaje arreglado en dos paredes inclinadas permite que un mayor número de hojas queden expuestas a la luz directa (Carbonneau, 1980; Smart, 1990).

La importancia de la superficie foliar expuesta esta dada porque el rendimiento final de un cultivo depende de cuan eficientemente pueda captar la radiación solar (Gardner *et al.*

1985). Smart (1990) sostiene que no solo importa contar con una óptima área foliar, sino con una adecuada arquitectura del follaje que defina su mejor exposición al sol.

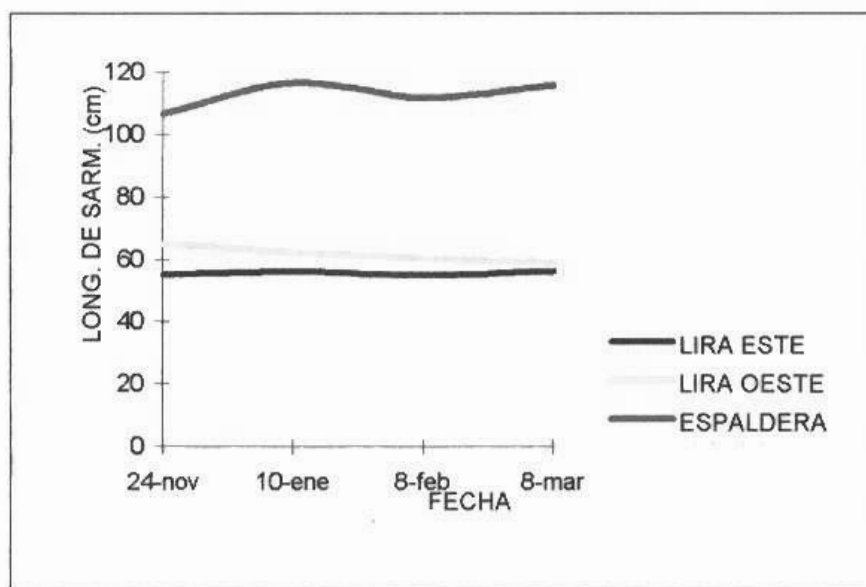
Dados los valores obtenidos en el ensayo, el sistema en lira al presentar una mayor superficie foliar expuesta lograría una mejor captación de la energía lumínica.

4.1.2. LONGITUD DE SARMIENTO

Las mediciones comenzaron el 24/11/95 (fin de floración) momento en el cual la cinética del crecimiento de los sarmientos disminuye debido a la competencia por fotosintatos entre parte vegetativa y reproductiva (Winkler, 1964; Champagnol, 1984).

La media de la longitud de los sarmientos para ambos sistemas se mantuvo constante sin registrarse diferencias significativas ($p = 0.0454$), desde el 24/11 (terminada la floración) hasta el 8/3 (una semana antes de cosecha).

Gráfica 1: Evolución de la longitud de sarmientos desde 24/11/95 hasta el 8/3/96.



Los valores medios reportados fueron 106.3 cm para espaldera y 57.5 cm para lira el 24/11 (fin de floración) y 115.7 cm y 57.2 cm respectivamente para el 8/3 (una semana antes de cosecha).

Si bien las medias entre fechas son constantes se vio un aumento significativo del largo del sarmiento en un 13.3% de las parcelas ubicadas al este en la lira, mientras que en las ubicadas al oeste no se constató ningún alargamiento.

Se observó para el sistema en espaldera un aumento significativo en un 30.0% de las parcelas entre pos-floración y cosecha.

Se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0001$) en la longitud de los sarmientos entre los dos sistemas de conducción, teniendo una media de 112.5 cm para la espaldera y 57.5 cm para la lira.

La mayor longitud de sarmiento de la espaldera estaría dada por un menor número de sarmientos por planta y un mejor estado general sanitario y nutricional.

También existen diferencias significativas ($p = 0.14$), en lo que respecta a longitud de sarmientos, dentro de la lira, para la primer fecha 24/11 (inmediatamente después de la floración), con un promedio de 49.5 cm para el este y 65.5 cm para el oeste debido posiblemente a efectos del viento citados por Branas (1974).

Se constató una disminución de la longitud de los sarmientos debido a roturas durante el seguimiento comparativo de su evolución. En un 6.67% de las veces en la espaldera y también 6.67% en la lira del lado este; mientras que del lado oeste fue de un 11.1% debido posiblemente a una mayor incidencia del viento.

Smart (1990) considera que sarmientos con menos de 50 cm son poco vigorosos y no aseguran una correcta maduración de la fruta, en tanto que sarmientos con más de 200 cm serían demasiado vigorosos contribuyendo al sombreado en el interior del canopy. La longitud óptima de los sarmientos estaría situada entre los 60 y 90 cm (para condiciones climáticas australianas).

Para el presente ensayo la longitud de los sarmientos de ambos sistemas se situó dentro del rango considerado por Smart (1990) de moderado vigor, estando más cerca del óptimo el promedio de la lira.

4.1.3. FACTORES QUE PERMITEN ESTIMAR LA SUPERFICIE FOLIAR TOTAL

La superficie foliar por sarmiento, junto con la longitud de todos los sarmientos, permite estimar la superficie foliar total. La existencia de rectas de regresión, donde se relaciona longitud de sarmiento – superficie foliar de sarmiento y superficie de la hoja media – longitud de sarmiento, facilitaría la estimación de la superficie foliar total.

4.1.3.1. SUPERFICIE FOLIAR POR SARMIENTO

La superficie foliar por sarmiento determina según el número de sarmientos, la superficie foliar total de la planta o cultivo.

Se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0002$) en la superficie foliar por sarmiento, la que resultó ser mayor para el sistema en espaldera, registrándose un promedio por sarmiento de 3230.7 cm^2 en la espaldera y 1779.7 cm^2 en la lira. La mayor superficie foliar por sarmiento de la espaldera, podría ser explicada por el mayor vigor de sus sarmientos con respecto a la lira. Sarmientos con alto vigor crecen rápidamente, tienen grandes hojas, son gruesos y tienen crecimiento lateral activo (Smart, 1990).

El crecimiento inicial del sarmiento depende de las reservas almacenadas. El sistema en lira tiene estas reservas repartidas entre más sarmientos; esta limitación restringe el crecimiento inicial y determina un pequeño crecimiento lateral (Champagnol, 1984; Smart, 1988), por lo tanto la superficie foliar por sarmiento se verá restringida. Lo que coincide con los resultados del presente ensayo.

La espaldera no solo tiene menos sarmientos, sino que los mismos mostraron mayor vigor reflejado a través de su mayor longitud y su mayor superficie foliar por hoja. Esto conduce de por sí a una mayor superficie foliar por sarmiento, debiéndose agregar la superficie foliar aportada por las feminelas.

Los valores encontrados para la espaldera se aproximan a los citados por Smart (1990), quien encontró valores de 3089 cm^2 para el cv. *Sauvignon-Blanc* antes de cosecha en el sistema en espaldera.

Llevando la referencia de superficie foliar por sarmiento a superficie foliar por centímetro de sarmiento, los valores fueron 29.3 cm^2 para la espaldera y 27.4 cm^2 por centímetro de sarmiento para la lira.

Estos resultados indicarían que la superficie foliar por sarmiento depende directamente de la longitud de este, siendo en el ensayo la mayor superficie foliar por sarmiento en la espaldera, debido a la mayor longitud de los mismos.

El dato citado por Smart (1990) de 3080 cm^2 de superficie foliar por sarmiento, fue obtenido en un promedio de 132 cm de largo de sarmiento, lo que serían aproximadamente 23.3 cm^2 por centímetro de sarmiento. Este menor tamaño estaría dado por diferencias varietales ya que el cv. *Sauvignon* tiene hojas más chicas que el cv. *Tannat*.

La superficie foliar por sarmiento depende directamente de la longitud de éste (Cargnello, 1984; Reynolds *et al.* 1994). En el presente ensayo la longitud media de los

sarmientos de la lira, fue la que más se acercó a los óptimos citados por Smart (1990), por lo tanto se podría decir que la superficie foliar de la lira es la que permitiría una correcta maduración de la fruta.

4.1.3.2. ESTIMACION DE LA SUPERFICIE FOLIAR POR SARMIENTO MEDIANTE REGRESION LINEAL

La superficie foliar por sarmiento es de importancia ya que influye directamente sobre la superficie foliar total.

En la búsqueda de un método rápido para poder estimar la superficie foliar, Mabrouk y Carbonneau (1995) demostraron la existencia de una relación lineal entre superficie foliar del sarmiento y la longitud de éste más las feminelas. También encontraron el mismo tipo de relación para el sarmiento principal y las feminelas consideradas separadamente.

En el presente ensayo los datos de la superficie foliar por sarmiento y de la longitud de los mismos, recabados una semana antes de la cosecha, se utilizaron para establecer una relación entre ambas variables.

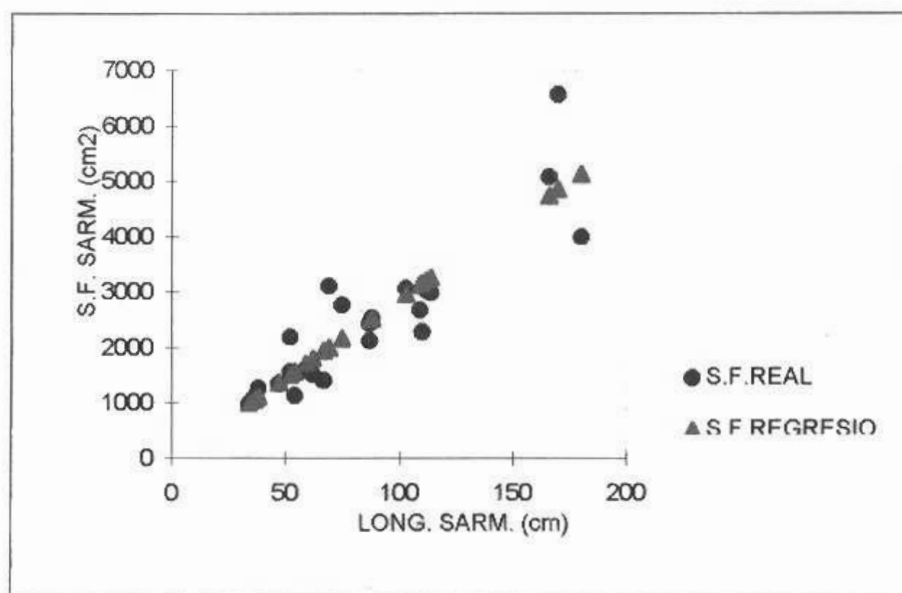
Del análisis estadístico se desprende que existe una relación entre ambas variables con una significancia de 0.0001, no registrándose diferencias significativas ni entre sistemas de conducción ni entre las exposiciones dentro de la lira. Esto permitió ajustar una única recta: $Y = 28.2976X + 31.0929$ siendo Y la superficie foliar del sarmiento y X su longitud, con un coeficiente de correlación de 0.895.

A su vez se encontraron diferencias significativas entre la recta calculada en el ensayo y la obtenida por Mabrouk y Carbonneau (1995) para el periodo estival $Y = 20.074X + 326.42$.

Las diferencias pueden ser atribuidas a un efecto de la variedad, ya que la recta calculada por dichos autores fue para el *cv. Merlot*.

La ventaja es que es un método simple, indirecto y no destructivo, ya que alcanza con medir el largo de sarmiento para estimar su superficie foliar. Por esto la importancia de ajustar más precisamente la recta de regresión, para diferentes cultivares, bajo diferentes condiciones y en diferentes etapas del ciclo del cultivo.

Gráfica 2: Superficie foliar por sarmiento, real y estimada por regresión



4.1.3.3. ESTIMACION DE LA LONGITUD DE SARMIENTO MEDIANTE REGRESION LINEAL

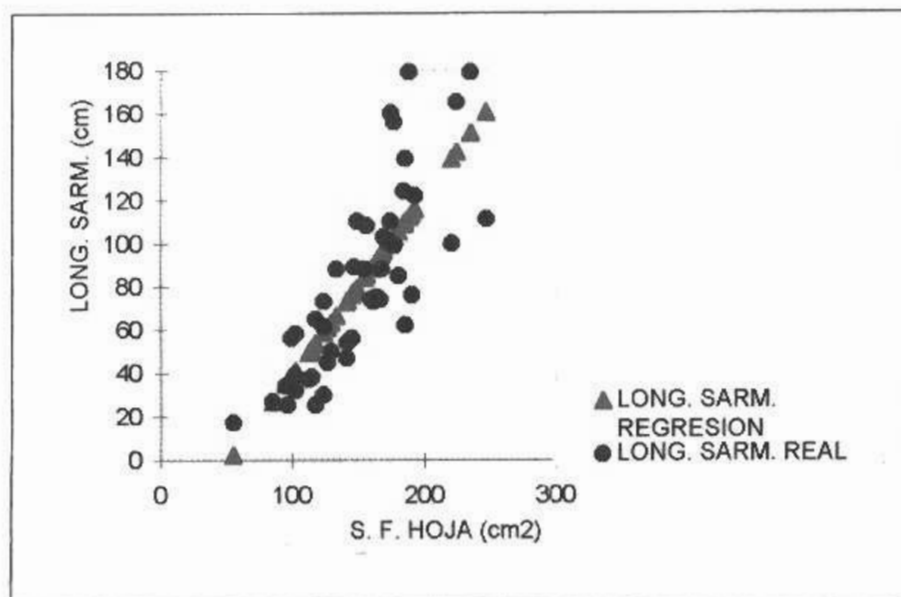
Los datos de la superficie foliar de las hojas del tramo medio de los sarmientos, al 8/2 (envero), se utilizaron para establecer una correlación con la longitud de los sarmientos.

Del análisis estadístico se desprende que existe una relación entre ambas variables, con una significancia de 0.0001, no registrándose diferencias significativas ni entre los sistemas de conducción, ni entre las exposiciones en la lira. Esto permitió ajustar una única recta: $Y = 0.8279x - 43.6928$, con un coeficiente de correlación de 0.80.

Dada la mayor facilidad en la medición de la superficie foliar de una hoja (ya que se puede hacer en laboratorio) que del largo de un sarmiento, la utilización de la regresión lineal obtenida facilitaría el trabajo.

El inconveniente es que es un método destructivo (por arrancar la hoja) y además la ecuación calculada tiene un coeficiente de variación de 31.0% y un desvío del error de 25.7 cm.

Gráfica N° 3: Longitud de sarmiento, real y estimado por regresión



La alta relació existent entre les variables encontrades en el present ensayo, justifica el intent de repetir el ensayo varios años a los efectos de poder ajustar una recta más precisa para el *cv. Tannat* en nuestras condiciones.

El tener las dos rectas de regresión ajustadas, permitiría a partir de la superficie de la hoja media, calcular la superficie foliar del sarmiento. El inconveniente, es el ser un método destructivo, pero se extraería solamente una hoja y sería un método más fácil y rápido.

4.1.4. SUPERFICIE FOLIAR TOTAL

La superficie foliar total fue calculada a partir de la relación superficie foliar por sarmiento - longitud de los sarmientos en un metro, determinada el 8/3 (una semana antes de cosecha). Resultó ser mayor en la lira siendo el promedio de $6.46 \text{ m}^2/\text{m}$ lineal de fila o canopy, frente a la espaldera donde el valor promedio obtenido fue de $3.92 \text{ m}^2/\text{m}$.

Las diferencias resultan significativas ($p = 0.12$) llegando la lira a tener casi el doble de superficie foliar por metro que la espaldera. Sin embargo estas diferencias se ven reducidas al llevar las medias a la hectárea, ya que en la lira hay 2857.1 m de fila y en la

espaldera hay 4255.3 m. La superficie foliar total por hectárea es de 18457m² para la lira y de 16691 m² para la espaldera.

Estas diferencias estarían dadas ya que la lira presenta un mayor número de yemas, lo que aseguraría un mayor número de sarmientos por planta, siendo éstos, soportes de las hojas, tendríamos mayor superficie foliar.

Carbonneau (1980) cita como referencia para el cv. *Cabernet-Sauvignon* una superficie foliar óptima de 25600 m²/há para lira y 22300 m²/há para la espaldera.

La menor superficie foliar total encontrada tanto en la lira como en la espaldera puede ser debida a diferente variedad, condiciones de suelo y manejo, y fundamentalmente a que el momento en el cual se calculó la superficie foliar por sarmiento el 8/3 (previo a cosecha), ya existe una cierta defoliación en ambos sistemas. Esto se pudo ver con la técnica del point quadrat, lo que provocaría una subestimación de la superficie foliar por sarmiento que se trasladaría a la superficie total por metro.

La superficie foliar puede verse afectada por el fenómeno de senescencia de las hojas, así como también por el ataque de patógenos (Ribereau-Gayon *et al.* 1971; Branas, 1974; Dokoozlian *et al.* 1995)

En el presente ensayo se realizó una corrección de la superficie foliar basándose en el número de hojas senescentes por sistema de conducción y hojas perdidas por ataque leve de peronóspora.

Suponiendo que la pérdida de hojas senescentes desde el 8/2 (envero) hasta el 8/3 (una semana antes de cosecha), fuese en la lira de dos hojas por sarmiento, teniendo una superficie promedio por hoja de 162 cm² y 64.9 cm de longitud de sarmiento, se tendría una superficie foliar total de 7.34 m²/m.

Para la espaldera se supone una pérdida de tres hojas por sarmiento (debido a un mayor sombreado y por lo tanto mayor pérdida por senescencia y por un pequeño ataque de peronóspora). Con un promedio de 192 cm²/hoja y 109.9 cm de longitud de sarmiento, se tendría una superficie por metro de 4.68 m² (los datos de superficie foliar de las hojas y longitud de sarmientos para ambos sistemas se obtuvieron de su seguimiento en el presente ensayo).

La superficie total por hectárea corregida sería de 19906 m² para la espaldera y de 20971 m² para la lira, valores que se acercan más a los estimados por Carbonneau (1980).

Cuadro 2: Superficie foliar total, por metro de canopy y por hectárea

	S.F. m ² /m	S.F. m ² /ha.	S.F. m ² /m *	S.F. m ² /há *
LIRA	6.46	18457	7.34	20971
ESPALDERA	3.92	16691	4.68	19906

* Datos corregidos según defoliación estimada.

En el ensayo la lira presentó una mayor superficie foliar total por metro, la que estaría en principio haciéndola más eficiente en la captación de la energía solar que llega al cultivo. Esta eficiencia esta condicionada por el número de planos de hojas y por la superposición de los mismos (Balcar, 1977).

4.1.5. NUMERO DE PLANOS DE HOJAS

El sistema en lira mostró para cada pared de follaje menor número de planos de hojas que la espaldera.

Estos datos concuerdan con los citados por Smart (1990) y son debido a la arquitectura de cada sistema de conducción.

El menor número de planos de hojas tiene como consecuencia un menor número de hojas sombreadas y por lo tanto una menor competencia por fotosintatos entre racimos y hojas parásitas. Balcar (1980) determinó que solo la capa de hojas exteriores es iluminada con pleno sol, absorbiendo alrededor del 90% de la luz, quedando a disposición de la capa foliar subyacente solo el 10% y para la tercer capa foliar un 1% de la radiación incidente en la primer capa.

También se tiene una mejor exposición de los racimos a la luz, lo que determina según Carbonneau (1980) y Morrison *et al.* (1990) una mejor calidad de la uva.

Cuadro 3: Evolución del número de planos de hojas, en diferentes fechas y a diferentes alturas dentro del canopy.

NIVEL	80 cm			120 cm			150 cm		
	LIRA E	LIRA W	ESPAL.	LIRA E	LIRA W	ESPAL.	LIRA E	LIRA W	ESPAL.
06/12/95	3.75	3.58	4.37	3.39	3.64	3.57	-	-	-
10/01/96	1.94	2.46	3.83	3.26	3.31	3.60	1.69	1.85	2.48
08/02/96	2.56	2.50	3.94	3.41	3.22	3.85	1.94	1.87	2.69
08/03/96	2.50	2.69	3.65	3.19	3.13	3.43	1.65	1.67	2.54

Los valores encontrados para la lira con un máximo de 3.75 el 6/12 (cuajado) a 80 cm y un mínimo de 1.65 el 8/3 (una semana antes de cosecha) a 150 cm, concuerdan con los considerados óptimos por Reynolds *et al.* (1994) de 2.5 para cada pared de follaje y Smart (1990) de 1.5 para cada pared de follaje.

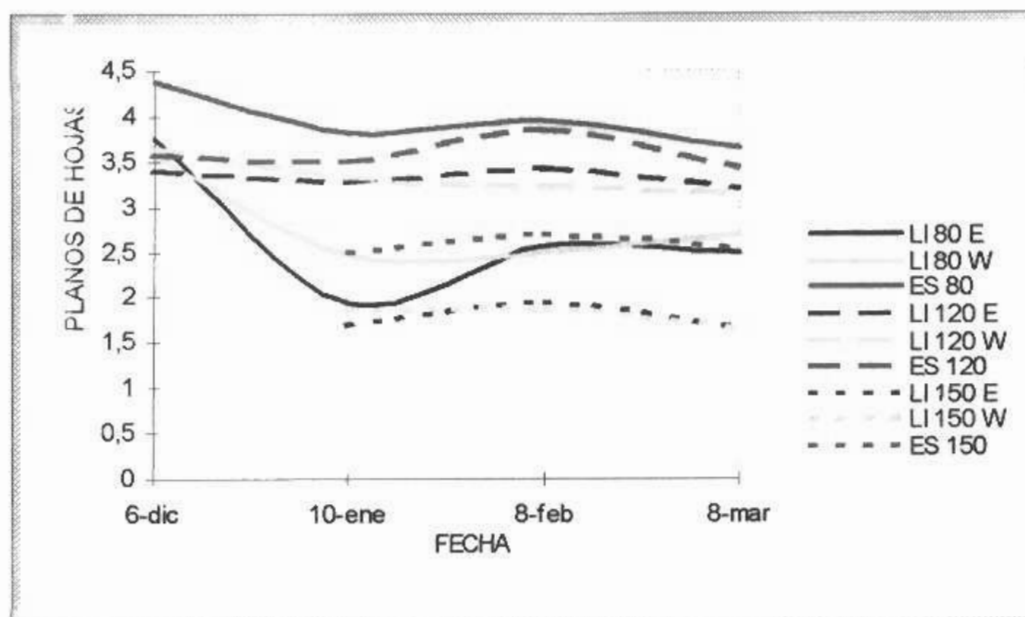
La espaldera mostró un mayor número de planos de hojas con un máximo de 4.37 el 6/12 (cuajado) a 80 cm y un mínimo de 2.48 el 10/1 (cierre de racimo) a 150 cm, estos se sitúan dentro del óptimo considerado por Martín (1976) de 4 a 5 planos para espaldera alta.

El número de planos de hojas encontrados tanto en lira como en espaldera impediría la existencia de capas foliares por debajo del punto de compensación lumínico.

En la lira, el mayor número de planos de hojas se registro siempre a los 120 cm, lugar de mayor concentración de sarmientos debido probablemente a la presencia de las feminelas, a diferencia de la espaldera donde la mayor concentración se da a los 80 cm.

Se observó en ambos sistemas, que la mayor cantidad de racimos se ubican a los 80 cm, trayendo en consecuencia un mayor sombreado de estos en la espaldera y por lo tanto una menor calidad de la materia prima. En la lira la mayor concentración de follaje se da a los 120 cm, teniendo a los 80 cm un menor número de planos de hojas, por lo tanto menor sombreado de racimos que según Andrades (1990), Tardaguila *et al.* (1993) y Reynolds *et al.* (1994) traería una mejoría en la calidad de la uva.

Gráfica 4: Evolución del número de planos de hojas, en diferentes fechas y diferentes alturas dentro del canopy.



De la evolución en el tiempo tanto en la lira como en la espaldera se encontró siempre, a excepción del 6/12 (cuajado), el mayor número de planos de hojas el 8/2 (envero) para luego disminuir el 8/3 (una semana antes de cosecha). Esto ocurre debido a que hasta el 8/2 las vides desarrollan la mayor superficie foliar posible para luego cesar en su crecimiento y destinar los fotosintátos a la óptima maduración de las bayas y al almacenamiento de reservas para el ciclo siguiente (Ferraro, 1983).

La disminución del 8/3 (una semana antes de cosecha) estaría dada por la ausencia de hojas nuevas desde la detención del crecimiento y la pérdida de hojas senescentes.

La diferencia del 6/12 (cuajado) frente a las otras fechas, es debida a que los brotes están en pleno desarrollo pero todavía no lograron ocupar todo el volumen potencial esperado, provocando una alta concentración en los dos primeros estratos y estando sin brotes en el tercero (150cm.).

El menor número de planos de hojas, junto a la mayor superficie foliar total y expuesta, le estarían asegurando al sistema en lira, un mejor arreglo del follaje, para una eficiente captación de la radiación solar.

4.1.6. PORCENTAJE DE HOJAS INTERNAS

En ambos sistemas de conducción, para todas las fechas y en los tres niveles, el porcentaje de hojas internas siguió un comportamiento similar al del número de planos de hojas.

A mayor número de planos de hojas mayor porcentaje de hojas internas. Esto se explica ya que los planos de hojas determinan la superposición de estas, y por lo tanto dan el porcentaje de hojas internas.

Cuadro 4: Evolución del porcentaje de hojas internas, en diferentes fechas y diferentes alturas dentro del canopy.

NIVEL	80 cm			120 cm			150 cm		
	LIRA E	LIRA W	ESPAL.	LIRA E	LIRA W	ESPAL.	LIRA E	LIRA W	ESPAL.
06/12/95	54.8	51.2	57.0	43.0	39.7	46.0	-	-	-
10/01/96	31.4	38.3	52.0	41.5	42.5	52.0	16.5	21.0	36.0
08/02/96	42.0	42.0	51.0	44.6	36.2	49.0	30.5	26.7	34.0
08/03/96	39.3	38.6	47.0	43.0	41.4	45.0	26.9	27.8	34.3

La lira presentó siempre un menor porcentaje de hojas internas, teniendo un máximo de 54.8% el 6/12 (cuajado) a los 80 cm y un mínimo de 16.5% el 10/1 (cierre de racimo) a los 150 cm, mientras que el máximo para la espaldera fue de 57% el 6/12 a los 80 cm y el mínimo 34% el 8/2 (envero) a los 150 cm.

Esto mostraría una ventaja de la lira comparada con la espaldera. Un mayor porcentaje de hojas internas, indicaría una mayor concentración de hojas y por lo tanto un canopy más denso con consecuencias de alta humedad, sombreado, incidencia de enfermedades criptogámicas y por lo tanto una disminución de la calidad de la materia prima final.

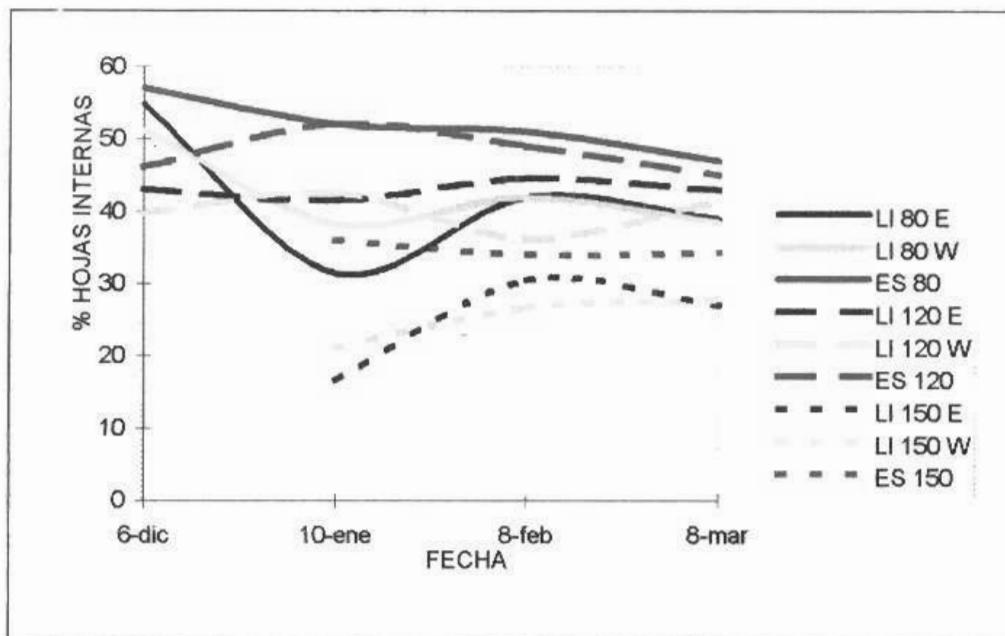
Balcar (1980) y Smart *et al.* (1990) afirman que debido a la baja intensidad de luz que llega a las hojas interiores, estas tienen baja tasa fotosintética, pudiendo llegar a ser hojas parásitas y competir por fotosintatos con los racimos, por lo tanto el menor número de hojas internas es una ventaja.

La diferencia en el porcentaje de hojas internas entre lira y espaldera se ve acentuada en el primer estrato (80 cm) donde se da la mayor concentración de racimos en ambos sistemas. A los 80 cm en la lira se tuvo un máximo de 54.8% el 6/12 (cuajado) y un

mínimo de 31.4% el 10/1 (cierre de racimo), mientras que en la espaldera el máximo fue de 57% el 6/12 y el mínimo de 47% el 8/3 (una semana antes de cosecha).

El sistema en lira al tener un menor porcentaje de hojas internas a los 80 cm estaría determinando mejores condiciones microclimáticas en los racimos.

Gráfica 5: Evolución del porcentaje de hojas internas, en diferentes fechas y a diferentes alturas dentro del canopy.



FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

4.1.7. PORCENTAJE DE RACIMOS INTERNOS

En la espaldera no se encontraron racimos a 120 ni a 150 cm, mientras que en la lira no se realizaron contactos a 150 cm; resultados esperados debido a las características arquitectónicas de cada sistema de conducción.

De los racimos que se encuentra a 120 cm en la lira, el 100% son internos debido a la mayor densidad de brotes a ese nivel y por lo tanto mayor número de planos de hojas, (pero no tienen mayor incidencia dado su bajo número).

A los 80 cm es donde se da la concentración de racimos tanto en lira como en espaldera.

Cuadro 5: Evolución de racimos internos, en diferentes fechas y a 80 cm de altura.

COND.	80 cm		
	LIRA E	LIRA W	ESPAL.
06/12/95	82.0	76.0	91.0
10/01/96	61.7	64.2	93.0
08/02/96	60.3	58.9	94.0
08/03/96	69.1	75.9	89.5

Para todas las fechas la lira mostró un menor porcentaje de racimos internos, presentando un máximo de 82% el 6/12 (cuajado) fecha que coincide con el máximo número de planos de hojas, en tanto que el mínimo fue de 58.9% el 8/2 (envero). Para la espaldera se encontraron valores mayores de racimos internos, teniendo un máximo de 94% el 8/2 y un mínimo de 89% el 8/3 (una semana antes de cosecha).

Las diferencias encontradas entre sistemas están dadas por la arquitectura del canopy. La lira al tener las dos paredes de follaje inclinadas permite una mayor exposición de los racimos. El menor número de planos de hojas, junto al menor porcentaje de hojas internas y el menor vigor de los sarmientos, estarían indicando un canopy menos denso y por lo tanto un mejor microclima en los racimos del sistema en lira.

La lira presentó en comparación a la espaldera una mayor exposición de los racimos. Esto asegura un mejor estado sanitario y una mejor composición química fundamentalmente aumentando la concentración de polifenoles, y facilita las operaciones de manejo y cosecha de racimos (Carbonneau, 1980; Morrison *et al.* 1990; Jackson *et al.* 1993).

4.2. INDICADORES FISIOLÓGICOS

Debido a fallas en el equipo de medición (análizador de CO₂ por infrarrojo PP SYSTEM, CIRAS-1), no se presentan los resultados de actividad fotosintética para cada sistema de conducción.

Como indicadores indirectos de la fisiología de la viña, se analizaron los resultados de potencial hídrico y color de hoja (Balcar, 1977, 80).

4.2.1. POTENCIAL HIDRICO

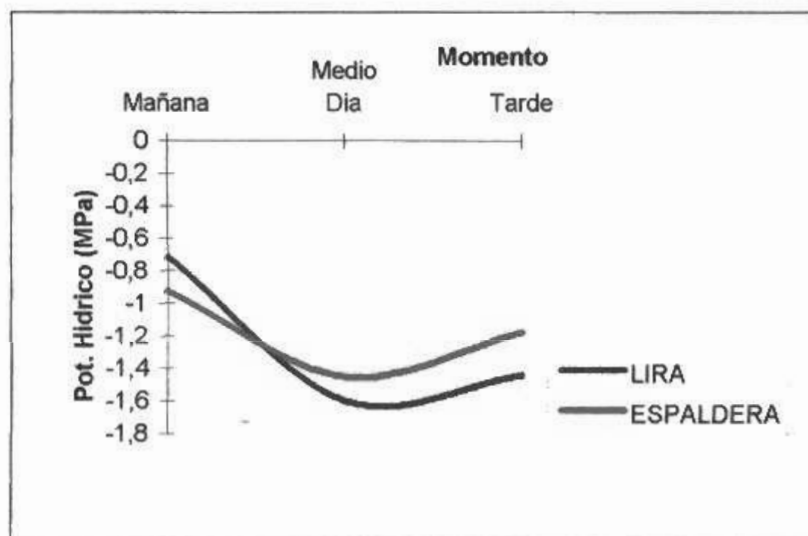
La mayoría de los fenómenos que se desarrollan en la planta son dependiente del estado hídrico y este depende del balance entre el agua que la planta absorbe del suelo y lo que pierde por transpiración (Champagnol, 1984).

Al 11/1 (cierre de racimo) se repitió como tendencia general para ambos sistemas que los valores de potencial hídrico fueron menos negativos a la mañana (-0.93 MPa para la espaldera y -0.72 MPa para la lira). Se hicieron significativamente más negativos hacia el medio día (donde se registraron valores de -1.45 MPa y -1.6 MPa para espaldera y lira respectivamente), para luego subir nuevamente hacia la tarde (-1.18 MPa y -1.44 MPa para espaldera y lira).

Este comportamiento coincide con el citado por Champagnol (1984) y Salisbury (1992), quienes sostienen que el mayor estrés hídrico se da inmediatamente después del medio día para luego la planta rehidratarse fundamentalmente durante la noche.

Se encontraron diferencias significativas en los tres momentos para ambos sistemas. Los resultados obtenidos en la mañana indican un mayor estrés en la espaldera (-0.93 MPa) que en la lira (-0.72 MPa) y las diferencias fueron constatadas estadísticamente ($p = 0.089$). Esto coincide con los resultados citados por Ollat (1991). Las diferencias podrían estar dadas por una mayor dificultad de la espaldera para rehidratarse.

Gráfica 6: Evolución del potencial hídrico de hojas, en tres momentos del día.



También podría haber un pequeño efecto del momento de la extracción de las hojas, las cuales en la lira se sustrajeron entre las 8:15 y 8:30 hs, mientras que en la espaldera entre 8:30 y 8:40 hs. (temperatura mas elevada).

Al medio día las hojas mostraron valores de potencial hídrico mas negativos, el promedio para la espaldera fue de -1.45 MPa en tanto que la lira mostró un potencial hídrico de -1.6 Mpa. Las diferencias entre ambos sistemas se constataron estadísticamente ($p = 0.0905$).

Champagnol (1984) cita valores de potencial hídrico para mediados de julio (enero en el hemisferio sur) al medio día (con otro cultivar y otras condiciones climáticas) de -1.0 a -1.3 MPa.

Las diferencias con la presente investigación pueden ser atribuidas a diferentes cultivares y condiciones climáticas. A mediados de agosto (febrero en el hemisferio sur) los valores obtenidos por Champagnol (1984) son de -1.3 a -1.6 MPa, aproximándose mas a los del presente trabajo.

La diferencia entre ambos sistemas está asociada a la arquitectura del canopy. En la lira las pérdidas por transpiración se ven acentuadas porque presenta una mayor cantidad de hojas expuestas a la radiación directa y una mayor apertura del follaje que permite una menor humedad y una mayor incidencia del viento.

En las diferencias entre lira y espaldera posiblemente este influyendo aunque en pequeña escala, el momento de la extracción de hojas, en la espaldera es entre la 13 y 13:15 hs., mientras que en la lira es entre las 13:20 y 13:35 hs. (mayor temperatura).

Los valores encontrados en ambos sistemas estarían afectando la eficiencia fotosintética, ya que según Smart (1971), Champagnol (1984) y Naor *et al.* (1994), valores de potencial hídrico entre -1.2 a -1.5 MPa afectan el proceso fotosintético.

A la tarde se vio similar comportamiento con un potencial hídrico de -1.18 MPa. para la espaldera y -1.44 MPa., para la lira. Momento en el cual se registró la mayor diferencia entre sistemas, comprobándose estadísticamente ($p = 0.0002$). Estos valores fueron recabados a partir de hojas recolectadas en la lira entre 19:55 y 20:15 hs., y en la espaldera entre 20:35 y 20:55 hs.

Hacia la tarde los valores de potencial hídrico se vuelven menos negativos, lo que pone de manifiesto el proceso de rehidratación. Este fenómeno es mas marcado para la espaldera, sistema en el cual se vió un aumento mas pronunciado de potencial hídrico, de -1.4 MPa al medio día a -1.18 MPa a la tarde; llegando a un valor cercano al de la mañana, a diferencia de la lira donde los valores permanecen mas alejados.

La espaldera al tener un menor porcentaje de hojas externas, tiene mayores posibilidades de reponerse que la lira, sistema que presenta mayor porcentaje de hojas externas y por lo tanto mayores pérdidas de agua.

Cuadro 6: Evolución del potencial hídrico de hojas, en tres momentos del día.

MOMENTO	8:15 – 8:40 hs	13:00 – 13:35 hs	19:55 – 20:55 hs
LIRA	-0.72	-1.60	-1.44
ESPALDERA	-0.93	-1.45	-1.18

*Datos en MPa

El 17/2 se volvieron a tomar muestras de hojas comprobándose las diferencias entre ambos sistemas ($p = 0.1003$), teniendo una media -1.56 MPa para la espaldera y -1.36 MPa para la lira (datos recolectados próximo a las 11:00 hs).

En lo que respecta a la posición (adentro y afuera) no se encontraron diferencias significativas pero se vio una tendencia a un mayor estrés en las hojas externas.

Se encontraron diferencias significativas entre los tres niveles, siendo la media a los 80 cm de -1.4 MPa., a los 120 cm -1.31 MPa., y -1.61 MPa. a los 150 cm..

El estrés mas elevado se dio en el nivel más alto, debido posiblemente a que en esa altura hay un menor número de planos de hojas, una mayor incidencia del viento y una menor humedad, lo que se traduce en mayores pérdidas de agua por transpiración.

El potencial más bajo al esperado de las hojas basales pudo estar dado por presentar estas hojas a mediados de febrero cierta senescencia.

En el sistema en lira, la menor densidad del canopy y la mayor superficie foliar expuesta estarían determinando mayores perdidas de agua, y por lo tanto mayor estrés hídrico que la espaldera, con la consecuente disminución del crecimiento de sarmientos, producción de madera y fruta.

4.2.2. COLOR

El color de las hojas es un buen indicador del estado nutricional y sanitario de las mismas, así como de la capacidad de éstas de utilizar eficientemente la radiación solar para producir carbohidratos (Salisbury *et al.* 1992).

Las mediciones de color realizadas en laboratorio el 9/1 (cierre de racimo) y 8/2 (envero), muestran que no existen diferencias estadísticas significativas en el color de las

hojas ni entre sistemas de conducción, ni entre exposición del follaje en la lira (se constato igualmente una tendencia, a una coloración más verde en las hojas del sistema en lira y una coloración mas amarilla en las hojas del sistema en espaldera).

Estos resultados fueron confirmados el 16/2 con los datos obtenidos a campo utilizando un colorímetro manual. No encontrando diferencias significativas entre sistemas de conducción.

Carbonneau (1980) cita que el color verde aumenta con el grado de abertura de la vegetación y el grado de luminosidad recibida.

Se realizó también una comparación entre hojas ubicadas adentro y afuera del canopy, resultando del análisis estadístico que existen diferencias entre estas posiciones con una significancia de 0.0619. El promedio para las hojas exteriores fue de 1.18 y para las interiores de 1.09.

Estos datos que indican como hojas más verdes a las ubicadas en el exterior del canopy, coinciden con lo expresado por Carbonneau (1980).

Si bien la lira presentó cierta desventaja frente a la espaldera, en lo concerniente a potencial hídrico, la situación se revirtió en lo que respecta a color.

Las hojas externas resultaron ser mas coloreadas y al tener la lira una mayor superficie foliar expuesta y mayor porcentaje de hojas externas, se favorecería la eficiencia fotosintética.

4.3. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Los carbohidratos producidos por la planta, durante la estación de crecimiento, son distribuidos entre estructuras permanentes, madera del año (peso de poda) y producción de uva (Winkler, 1965; Champagnol, 1984).

4.3.1. PESO DE COSECHA

El resultado económico del cultivo esta directamente relacionado con la productividad y la calidad de la materia prima.

De acuerdo a Ribéreau- Gayon (1971), Varga (1994), Smart (1990), el rendimiento final es el resultado de la eficiencia con que el canopy de un cultivo intercepta y utiliza la radiación solar disponible durante toda la estación de crecimiento.

Al momento de la cosecha (14/3) no se constataron diferencias estadísticas significativas en el peso de cosecha en kilos por metro entre ambos sistemas de conducción, constatándose un promedio de 8.73 Kg/m para la lira y 8.21 Kg/m para espaldera.

Los resultados obtenidos en el ensayo mostraron una tendencia de la lira a producir mas por metro, no existiendo diferencias a nivel estadístico ($p=0.54$). Esta tendencia puede ser explicada por un mayor número de yemas por metro (29 contra 14 yemas/m en la espaldera) y una mayor superficie foliar expuesta encontrada en el sistema en lira.

La similitud en el peso de cosecha entre sistemas podría ser parcialmente explicada. Carbonneau (1985) comparando diferentes sistemas de conducción estableció, que en promedio la lira resulta más fértil y productiva que los sistemas tradicionales. Estas ventajas son evidentes para las primeras cosechas cuando los brazos están recién establecidos y las yemas son más fértiles, pero en los siguientes años la alta producción prematura tiende a reducir esta ventaja.

Por otro lado hay que considerar que el crecimiento de las bayas depende de un buen abastecimiento y disponibilidad de agua (Andrades, 1990). Las plantas en lira al tener el follaje mas expuesto podrían estar sometidas a un ligero estrés, que determinaría una mayor retención de agua, quedando por lo tanto menos agua disponible para el fruto. Al observar los resultados del seguimiento del peso de 100 granos se vio que la espaldera presenta siempre mayor peso, esto podría estar explicando también la similitud en los kilos por metro entre espaldera y lira.

Los valores de potencial hídrico desfavorables, presentados por la lira, hacen suponer que las diferencias entre sistemas de conducción no sean mayores.

Los valores de potencial hídrico desfavorables, presentados por la lira, hacen suponer que las diferencias entre sistemas de conducción no sean mayores.

Si bien la lira mostró una tendencia a producir mas kilos por metro lineal esto se podría haber incrementado si el estado general nutricional y sanitario hubiera estado acorde al de la espaldera (apreciación visual).

Al llevar los valores de kilos por metro a kilos por hectárea se obtuvo una producción de 24952 Kg/há para lira y 34964 Kg/há para espaldera; siendo esta mayor producción explicada por la mayor cantidad de metros de fila por hectárea para el sistema en espaldera (4255 y 2857 metros por hectárea para espaldera y lira respectivamente)

Cuadro 7: Rendimientos de racimos, en el metro de canopy y en la hectárea.

	REND. Kg/m	REND. Kg/ha
LIRA	8.73	24952
ESPALDERA	8.22	34964

Castro (1991) comparo los sistemas de conducción lira (con 80000 yemas/há) y espaldera (40000 yemas/há) en el *cv. Cabernet-Sauvignon* obteniendo en la lira un 30% mas de rendimiento (17000 Kg/há para la lira y 13000 Kg/há para espaldera). Estos datos resultan bastante alejados de los recabados en el presente ensayo.

Posiblemente las diferencias sean debidas a que se trata de diferentes cultivares, diferentes condiciones de suelo, climáticas y practicas de manejo. Esto puede verse claramente por ejemplo en que mientras Castro (1991), para el *cv. Cabernet-Sauvignon* en espaldera alta con 40000 yemas/há obtuvo un rendimiento de 13000 Kg/há, Carbonneau (1987) para la misma variedad, el mismo numero de yemas por hectárea y el mismo sistema de conducción obtuvo 6500 Kg/há. Este ultimo autor también reporto para el mismo sistema de conducción, a igual numero de yemas por hectárea pero en el *cv. Cabernet-Franc* en 1986, 8600 kilos por hectárea.

Si bien la producción por metro lineal tanto en espaldera como en lira es similar, bajo idénticas condiciones de suelo y manejo, seria de esperar una mayor producción en la lira, además de lograr una mejor calidad; por presentar esta una mayor superficie foliar total y expuesta, así como un mejor microclima y coloracion del canopy.

4.3.2. PESO DE PODA

Smart (1990) dice que el peso de la madera removida de la estación de crecimiento (peso de poda) es un buen indicador del crecimiento vegetativo de la viña durante la estación.

En el ensayo el peso de poda promedio de diez parcelas al 15/7 resulto ser mayor para la lira, con un valor de 0.610 Kg/m de canopy, en tanto que para la espaldera fue de 0.520 Kg/m. Las diferencias fueron constatadas estadísticamente ($p = 0.07$).

El mayor peso de poda por metro del sistema en lira estaría explicado por el mayor número de yemas por metro (28 yemas por metro en lira y 14 yemas por metro en espaldera), acompañado por una mayor superficie foliar total y expuesta por metro.

Tanto la lira como la espaldera presentaron en promedio valores que se encuentran dentro del rango considerado óptimo por Smart (1990) entre 0.3 y 0.6 Kg de madera de poda por metro de canopy. Reynolds *et al.* (1994) confirmaron este rango óptimo para el cv. *Seyval Blanc*.

Si bien en el presente ensayo, la mayor capacidad productiva se reflejó en el mayor peso de cosecha y peso de poda de la lira, no podemos saber como repercutiría esto en el futuro de la planta.

4.4. SEGUIMIENTO DE MADURACION

El seguimiento de la maduración permite estimar el momento óptimo de cosecha. Esto posibilita lograr una materia prima con determinadas características enológicas (Peynaud, 1977; Oreglia, 1979; Andrades, 1990).

4.4.1. PESO DE BAYAS

En el proceso de maduración las bayas sufren cambios químicos y físicos, y dentro de estos últimos es muy importante el aumento de peso (Andrades, 1990; Tardaguila *et al.* 1993)

Para el análisis estadístico de los datos del presente ensayo, se hicieron ecuaciones de regresión en función de las fechas comparando los distintos modelos de regresión. Mediante el análisis estadístico se vio que el peso de las bayas no varío significativamente de fecha en fecha.

Cuadro 8: Evolución del peso de 100 granos de racimos, al sol y a la sombra, en diferentes fechas.

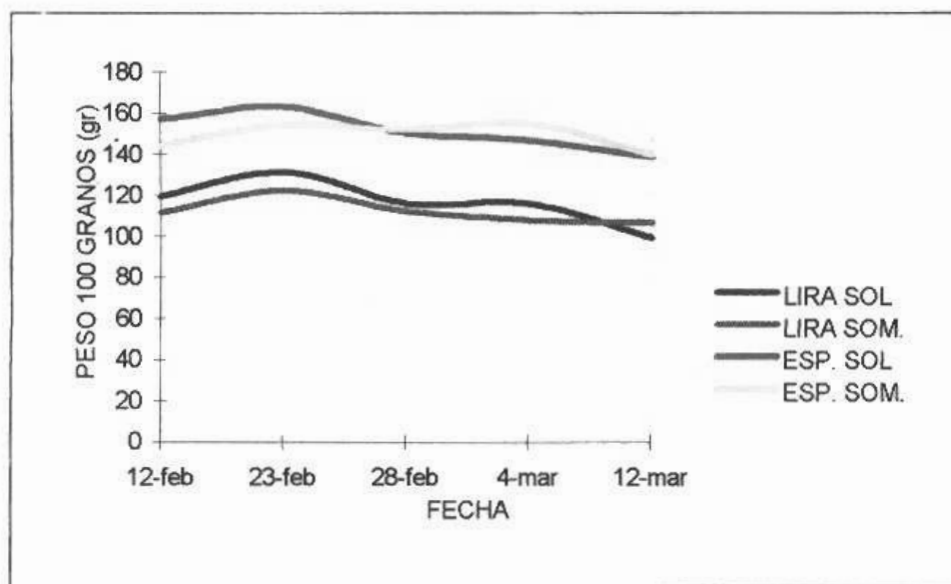
	12/2		23/2		28/2		4/3		12/3	
	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM
LIRA	119	111	131	122	116	112	116	108	99.1	106.7
ESP.	157	144	163	154	150	152	147	155	138.5	139.2

*Peso de 100 granos en gramos.

Tanto la lira como la espaldera, en racimos al sol y a la sombra, mostraron una tendencia al aumento del peso hasta el 23/2 donde se llega al máximo, para luego decrecer.

El mínimo registrado durante el seguimiento para ambos sistemas se dio el 12/3 con 99.06 y 106.73 gramos para la lira y 138.5 y 139.2 gramos para espaldera (sol y sombra respectivamente). Este comportamiento posiblemente es debido a la característica del cv. *Tannat* en el que sus bayas se deshidratan próximas a la cosecha y por lo tanto disminuye su peso (Ferraro, 1989).

Gráfica 7: Evolución del peso de 100 granos, al sol y a la sombra, en diferentes fechas.



En lo que respecta a las diferencias entre sistemas se constato para todas las fechas mayor peso de bayas en la espaldera que en la lira ($p = 0.03$). Posiblemente debido a que el peso de las bayas esta influenciado por el aporte de agua (Macías Hernández, 1993) y este depende del estado hídrico de la planta y como ya se vio la lira sufre más estrés hídrico.

La espaldera por otra parte, tiene los racimos mas cubiertos por el follaje y según Morrison *et al.* (1990), esto provoca temperaturas mas bajas en los racimos y por lo tanto menor transpiración.

Dentro de cada sistema no se constataron diferencias significativas del peso de bayas entre racimos al sol y a la sombra. Ambos mostraron una tendencia a tener mayor peso al comienzo en los racimos al sol, para invertirse la situación próxima a la cosecha.

Finalmente el mayor peso de granos en la espaldera podría suponer un mayor volumen de los mismos, lo que provocaría una disminución de la relación hollejo – pulpa, provocando una disminución en la concentración de polifenoles en el mosto.

4.4.2. SÓLIDOS SOLUBLES

Dentro de los cambios químicos que ocurren durante la maduración, la concentración de sólidos solubles es importante ya que afecta la calidad de la uva y del futuro vino (Peynaud, 1977).

La acumulación de azúcar en las bayas también es importante porque según Andrades (1990) se puede tomar como índice de actividad fotosintética de la planta y según Champagnol (1984) el azúcar es un buen indicador del nivel de calidad alcanzado.

En el presente ensayo, en el seguimiento de la maduración, se constato una evolución en la concentración de sólidos solubles en ambos sistemas, aumentando hacia la fecha de cosecha ($p = 0.0675$). Las máximas concentraciones en ambos sistemas se lograron en cosecha (14/3) con 20.4 grados Brix para la lira y 21.6 grados Brix para la espaldera (a partir de la mezcla de los racimos expuestos y sombreados).

Cuadro 9: Evolución de la concentración de sólidos solubles, en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.

	12/2		23/2		28/2		4/3		12/3	
	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM
LIRA	16.5	16.0	18.0	18.0	19.0	17.0	19.0	18.5	19.8	18.3
ESP.	15.0	15.0	17.5	18.0	17.0	20.0	18.0	19.0	19.3	20.2

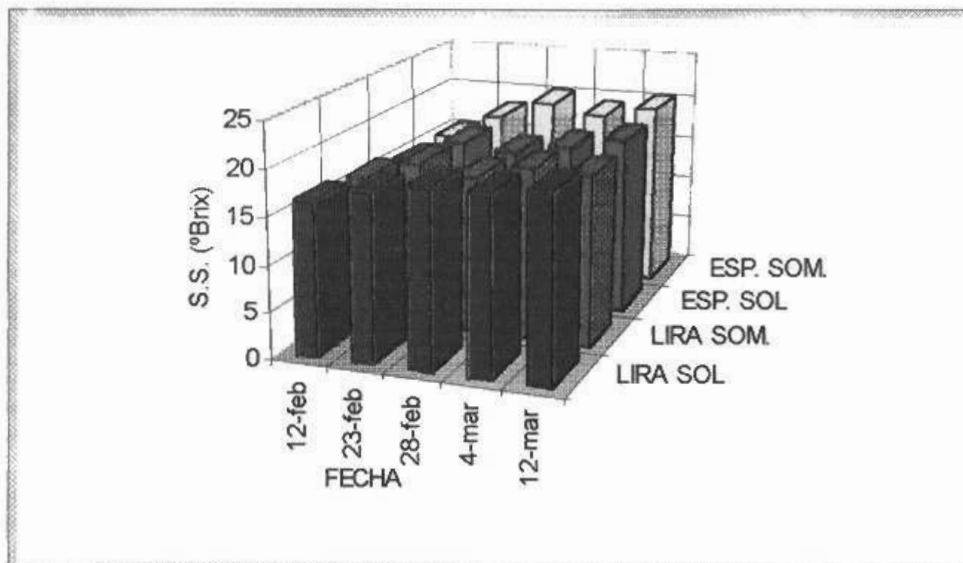
* Datos expresados en grados Brix.

En lo que se refiere a valores obtenidos de racimos expuestos y sombreados, no se encontraron diferencias dentro de sistemas. Para todas las fechas se comprobó en la lira

una tendencia de mayor concentración de sólidos solubles a favor de los racimos expuestos al sol, mientras que en la espaldera el comportamiento es opuesto. Estos resultados indicarían que la concentración de sólidos solubles en los racimos no depende de si estos están al sol o a la sombra. Morrison *et al.* (1990) atribuye el efecto sobre la concentración de sólidos solubles en los racimos a la iluminación que reciben los sarmientos soportes de dichos racimos.

Cuando se compara la lira y la espaldera en lo que respecta a racimos al sol, se constata para todas las fechas una mayor concentración de sólidos solubles en la lira. En racimos a la sombra exceptuando la primer fecha (12/2) siempre se observo más sólidos solubles en la espaldera (aunque las diferencias en ambos casos no son significativas). Los promedios de sólidos solubles entre racimos al sol y a la sombra no mostraron diferencias entre ambos sistemas.

Gráfica 8: Evolución de la concentración de sólidos solubles (grados Brix), en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.



En la cosecha (14/3) la concentración de sólidos solubles fue mayor en la espaldera (21.6 grados Brix) que en la lira (20.4 grados Brix). Estos resultados coinciden con los encontrados por Castro (1991), quién para el *cv. Cabernet-Sauvignon* tuvo mas concentración de sólidos solubles en espaldera (196.5g/L) que en lira (192.0g/L) aunque no fueron diferencias significativas.

Estos resultados no coinciden con los encontrados por Carbonneau (1980), Carbonneau et al. (1986, 87), Reynolds (1994), que mostraron como los sistemas de conducción con mayor superficie foliar expuesta y más iluminados tienen mejores rendimientos y mayor concentración de sólidos solubles.

Los resultados del presente ensayo podrían estar explicados por el hecho que la lira sufrió más estrés hídrico y Andrades (1990) afirma que deficiencias en agua afectan el transporte de los azúcares.

4.4.3. ACIDEZ TOTAL

La acidez total da una cuantificación de los ácidos libres que se encuentran en el mosto, y por lo tanto es un factor de calidad ya que estará influyendo sobre el gusto (Ribéreau-Gayon, 1976).

En el presente ensayo en el seguimiento de la acidez total se constató para ambos sistemas de conducción una disminución hacia la fecha de cosecha, coincidiendo con Kuykenda (1973), Lane (1979), Morris (1979), Alkasisy (1981), Budin (1983), Santos (1985), Palacios (1986), citados por Andrades (1990), quienes expresaron que la acidez total disminuye desde enero en adelante.

Cuadro 10: Evolución de la acidez total, en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.

	12/2		23/2		28/2		4/3		12/3	
	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM
LIRA	5.6	6.0	4.6	4.9	4.2	4.3	3.9	4.1	4.0	4.0
ESP.	6.9	9.0	6.1	6.6	5.5	6.4	4.8	5.2	4.78	5.06

*Expresados en g H₂SO₄/L

La espaldera mostró una menor acidez total en los racimos al sol, siendo esta diferencia significativa ($p = 0.0267$). En la lira no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.1026$), entre racimos al sol y a la sombra. Se constató una tendencia de menor acidez total en los racimos al sol.

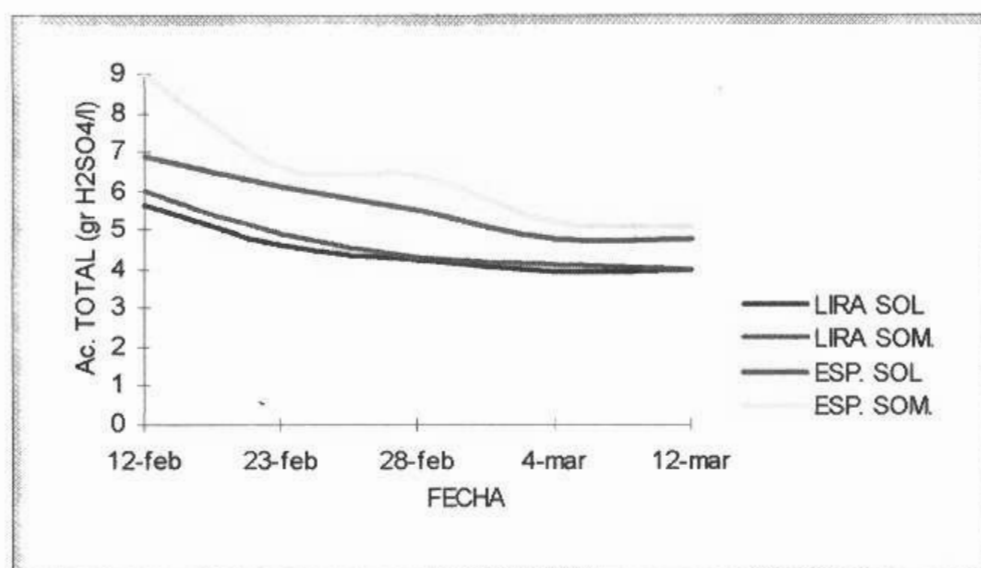
Los resultados reportados para lira concuerdan con los citados por Morrison (1990) quien encontró que los metabolitos de ácidos fueron similares en racimos sombreados y expuestos cuando las hojas del sarmiento soporte recibían similar iluminación.

Las diferencias encontradas en la espaldera, así como la tendencia registrada en la lira, en lo que respecta a la menor acidez total de los racimos al sol, pueden deberse a una mayor exposición de los sarmientos soporte. Nigond (1972) citado por Andrades (1990)

afirma que el contenido en ácido málico es inferior en los racimos expuestos al sol, mientras que el contenido en tartárico (el ácido más abundante en la uva) es más estable. Esto estaría explicando también que para todas las fechas tanto en racimos al sol como a la sombra la lira tiene menor acidez total que la espaldera, posiblemente debido a su mayor porcentaje de racimos externos y menor porcentaje de hojas internas.

Los valores más bajos de acidez total para la lira fueron 3.9 y 4.0 g H₂SO₄/L y para la espaldera 4.78 y 5.06 g H₂SO₄/L (racimos al sol y sombra respectivamente) obtenidos dos días antes de cosecha. En la cosecha (14/3) los valores obtenidos fueron 4.2 para la lira y 5.2 para la espaldera (se mezclaron racimos al sol y a la sombra). Esto puede ser explicado por precipitaciones registradas previo a la cosecha, pudiendo provocar un pequeño aumento de la acidez total (Peynaud, 1979).

Gráfica 9: Evolución de la acidez total, de racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.



4.4.4. pH

La importancia del pH está dada por que influye sobre el sabor (Grisci, 1930), el aroma, la extracción de antocianos durante la elaboración y la estabilidad del color (Cash, 1977).

En el presente ensayo en el seguimiento del pH se constató para ambos sistemas un aumento hacia la cosecha, coincidiendo con lo expresado por Ribéreau-Gayon (1971), Philip (1974), Catalina (1982), Cotea (1982), Palacios (1986).

Cuadro 11: Evolución del pH, en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.

	12/2		23/2		28/2		4/3		12/3	
	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM	SOL	SOM
LIRA	3.11	3.15	3.40	3.33	3.38	3.40	3.45	3.48	3.50	3.51
ESP.	3.21	3.09	3.39	3.31	3.47	3.38	3.47	3.46	3.52	3.51

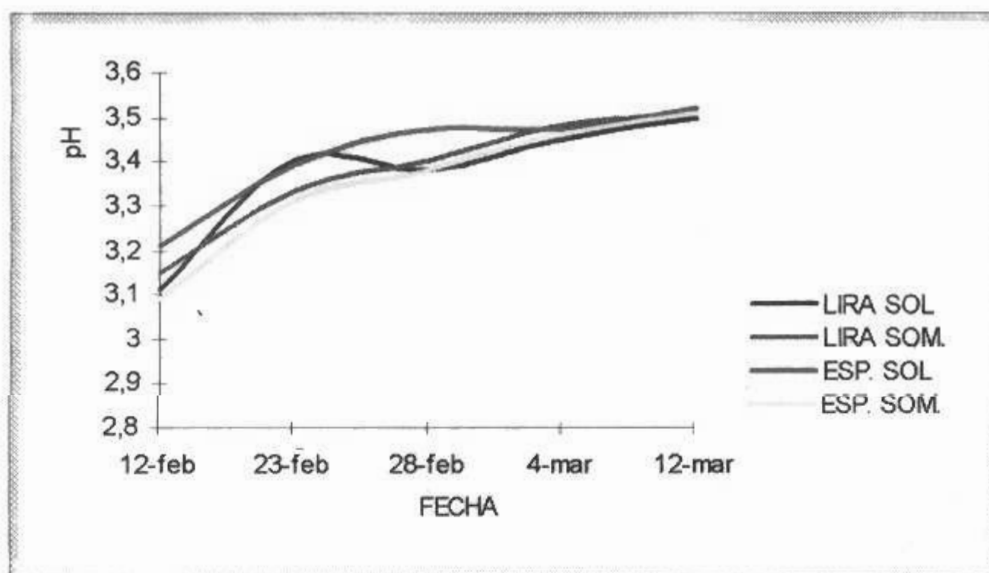
La lira a excepción del 23/2 mostró una tendencia a mayor pH en los racimos a la sombra, en cambio en la espaldera esta tendencia se dio en racimos expuestos. Las diferencias entre racimos al sol y a la sombra fueron constatadas estadísticamente ($p = 0.0288$).

Morrison *et al.* (1990), no encontraron diferencias entre racimos al sol y a la sombra en lo que respecta a pH.

A diferencia de la acidez total, los valores del pH muestran una mayor independencia de la ubicación de los racimos (sol y sombra) debido posiblemente a que sobre el pH actúa mas fuertemente el ácido tartárico, y según Andrades (1990), el contenido de ácido tartárico es más estable que el ácido málico.

Al comparar entre sistemas racimos al sol, se constato en la espaldera un pH mas elevado, mientras que para los racimos a la sombra el mayor pH se registro en la lira. Al comparar entre sistemas los promedios de racimos de sol y sombra, se encontró que son prácticamente iguales en cada fecha.

Gráfica 10: Evolución del pH, en racimos al sol y a la sombra, en diferentes fechas.



Los mayores pH para la lira fueron 3.50 y 3.51 y para la espaldera 3.52 y 3.51 (para racimos al sol y sombra respectivamente) y se lograron el 12/3, mientras que en cosecha 14/3 los valores alcanzados fueron 3.46 para la lira y 3.39 para la espaldera. Esta disminución del pH seguramente se debió a una lluvia ocurrida unos días antes de cosecha que según Du Plessis (1983) provocaría fluctuaciones pronunciadas del pH.

4.4.5. ANALISIS DE LOS DATOS DEL MOSTO

La composición química de la materia prima a vinificar, estará condicionando las características finales del vino.

El 14/3 (luego de cosecha) se obtuvo en bodega mediante el estrujado de racimos de sol y sombra mezclados, el mosto de cada sistema de conducción.

Inmediatamente se determinó sólidos solubles, acidez total y pH para cada sistema de conducción.

En cuanto a los sólidos solubles (variable utilizada para estimar el alcohol probable del futuro vino), se obtuvo 21.6 grados Brix en el mosto de la espaldera y 20.4 grados Brix en el mosto de la lira. Determinando un alcohol probable de 12.6° para la espaldera y 11.9° para la lira.

Si bien era de esperar que la lira presentará un mayor contenido de azúcar dada su mayor superficie foliar total y expuesta por metro, en el ensayo esto no pudo confirmarse.

El menor contenido de sólidos solubles del mosto de la lira podría ser explicado por el ligero estrés que sufre la planta en este sistema, puesto que una alimentación deficiente de agua durante la maduración puede afectar la acumulación de azúcar por limitación de la fotosíntesis (Andrades, 1990).

Por otro lado si se considera que los carbohidratos producidos por la planta se reparten entre frutos, estructuras nuevas y acumulación de reservas, era de esperar que para las condiciones de la presente investigación, el mosto obtenido a partir de la lira mostrará menor contenido de azúcar. En este sistema fue donde se registró por metro mas producción y más peso de madera de poda. Variables que tienen una correlación negativa con el contenido de azúcar en las bayas por la relación existente fuente-fosa (Ferrer, 1997, datos no publicados, Cátedra de Fruticultura).

La menor acidez total reportada para la lira puede ser explicada porque este sistema mostró un mayor porcentaje de racimos expuestos. Esto determinó una mayor temperatura sobre los mismos con la consiguiente disminución del ácido málico que se

pierde principalmente por respiración; a diferencia de la espaldera donde el porcentaje de racimos externos fue menor.

Esto también estaría explicando la pequeña diferencia a favor de la lira, la cual mostró una ligera elevación del pH sobre la espaldera.

Cuadro 12: Características del mosto en relación con producción de uva y madera del año.

	AC. T.	PH	S.S.	AL. PROB.	PROD. UVA	PROD. MAD.
LIRA	4.2	3.46	20.4	11.94	8.73	0.610
ESPAL	5.2	3.39	21.6	12.65	8.22	0.520

*Ac. T. (acidez total en g H₂SO₄/L), S.S. (sólidos solubles en grados Brix), AL. PROB. (alcohol probable en grados), PROD. UVA (producción de uva en Kg/m), PROD. MAD. (producción de madera en Kg/m)

4.5. ANALISIS DEL VINO

Los análisis químicos permiten estimar la potabilidad y calidad del vino (Carbonneau, 1980).

4.5.1. GRADO ALCOHOLICO

En los vinos obtenidos de cada sistema de conducción se realizaron análisis por triplicado. Se obtuvo siempre una tendencia a mayor grado alcohólico en el vino proveniente de la espaldera, con un promedio de 11.7°, frente a la lira con un promedio de 11.5°. Siendo estas diferencias no significativas desde el punto de vista estadístico ($p = 0.36$) y enológico.

La tendencia a una mayor graduación alcohólica en el vino de la espaldera, era de esperar, dado que se partió de un mosto con mayor concentración de sólidos solubles.

El sistema de conducción influye directamente sobre el contenido de azúcar del mosto y por lo tanto sobre la graduación alcohólica del vino (Morrison, 1990; Schneider, 1993;

Peynaud, 1977). Al no existir diferencias significativas entre ambos vinos, y al tener el sistema en lira un mayor rendimiento por metro lineal, estaría mostrando cierta ventaja.

4.5.2. ACIDEZ TOTAL

González *et al.* (1994) en un estudio de vinos tintos uruguayos encontró un promedio de 4.3 g H₂SO₄/L.

En el ensayo se obtuvo para el vino obtenido a partir de la lira, una acidez total promedio de 4.8 g H₂SO₄/L, mientras que en la espaldera el promedio fue de 4.9g H₂SO₄/L; constatándose diferencias estadísticas significativas (p = 0.096)

El menor porcentaje de racimos expuestos en la espaldera, provocaría una mayor concentración de ácido málico debido a que según Andrades (1990) y Morrison *et al.* (1990) este se pierde principalmente por el fenómeno de la respiración.

Castro *et al.* (1991) comparando lira contra espaldera obtuvo una mayor acidez total en el vino proveniente de la espaldera (4.64 contra 4.70 g H₂SO₄/L).

4.5.3. ACIDEZ FIJA

Los resultados de la presente investigación mostraron un mayor contenido de acidez fija en el vino proveniente de la espaldera. Los promedios fueron de 4.65 g H₂SO₄/L en el vino obtenido de la espaldera y de 4.49 g H₂SO₄/L en el vino de la lira.

El vino proveniente del sistema en espaldera, presento un menor porcentaje de racimos externos y por lo tanto menores perdidas por respiración del ácido málico. Durante la fermentación maloláctica se dio el pasaje de ácido málico a ácido láctico, teniendo por lo tanto el vino obtenido de la espaldera una mayor concentración de ácido láctico.

La mayor concentración de ácido láctico, conjuntamente con el contenido de ácidos orgánicos y sales ácidas, estaría explicando la mayor acidez fija del vino obtenido del sistema en espaldera.

Esto confirma lo supuesto de un mayor contenido de ácidos en la uva proveniente de la espaldera.

4.5.4. ACIDEZ VOLATIL

En el presente ensayo no se encontraron diferencias ($p = 0.74$) en el contenido de acidez volátil entre los vinos de ambos sistemas de conducción, con un promedio de 0.31 g de H_2SO_4/l para la lira y 0.30 g de H_2SO_4/l para la espaldera.

Los valores registrados en ambos vinos estarían dentro de los rangos que permiten considerar, que en los vinos no se estaban dando alteraciones microbianas, ya que según Peynaud (1977) durante la fermentación alcohólica se pueden producir hasta 0.30 g de ácido acético y en la fermentación maloláctica hasta 0.2 g/L.

La similitud en los valores de acidez volátil de los vinos obtenidos a partir de uvas provenientes de diferentes sistemas de conducción puede ser atribuida a que en ambos casos se partió de uvas sanas, y se siguieron idénticas medidas de manejo durante su vinificación.

El sistema de conducción no estaría afectando directamente este indicador analítico, que sería más dependiente del sistema de vinificación.

4.5.5. pH

En el ensayo se obtuvieron diferencias estadísticas ($p = 0.0008$) en el pH de ambos vinos. Los valores promedios fueron de 3.71 para la lira y 3.90 para la espaldera. Estos valores estarían ubicando a ambos vinos en un rango de fácil ataque microbiano, ya que según Peynaud (1977) esto es fácil que ocurra en vinos con pH por arriba de 3.40, y 3.50 para Jackson *et al.* (1993).

El mayor contenido de cenizas en el vino obtenido de la espaldera evidencian un mayor contenido de minerales que precipitan con el ácido tartárico, formando sales. Por consiguiente se tiene menos ácido tartárico y por lo tanto mayor pH en el vino proveniente de la espaldera.

Los altos valores de pH pueden ser atribuidos a que en ambos vinos se dio la fermentación maloláctica. Ubicándose por arriba del promedio encontrado por González *et al.* (1994) para vinos tintos comunes uruguayos ($pH=3.50$).

Carbonneau comparando lira y espaldera tuvo para los años 1985, 1986, 1987 en lo que respecta a pH, un comportamiento cambiante según años y variedades. Promedialmente no obtuvo diferencias (3.46 para la espaldera y 3.45 para la lira).

El mayor pH en el vino provoca según Jackson *et al.* (1993) un incremento de la actividad de microorganismos, una intensidad de color más débil, mayor ligamiento del SO₂, reduciéndose el contenido de SO₂ libre, pudiendo darse problemas en el envejecimiento.

Esto podría estar determinando una desventaja en el vino proveniente de la espaldera.

4.5.6. EXTRACTO SECO

Los valores encontrados en el ensayo muestran contenidos similares en el extracto seco de ambos vinos, con un promedio de 28.4 para la lira y 28 para la espaldera. La similitud entre ambos valores fue constatada estadísticamente ($p = 0.67$).

Si se considera que prácticamente no hay diferencias en el contenido de alcohol y azúcares, y que la espaldera presentó mayor acidez fija, se podría suponer que uno de los factores que estarían explicando el mayor extracto seco de la lira sería la carga de polifenoles.

4.5.7. AZUCARES REDUCTORES

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p = 0.58$), en el contenido de azúcares reductores entre ambos vinos. Los promedios hallados fueron de 1.84 g para la lira y 1.77 g para la espaldera.

Los valores registrados sitúan a ambos vinos dentro del rango de vinos secos, en los que se dio una fermentación completa. Según Peynaud (1977) en los vinos siempre hay aproximadamente 1 g por litro de azúcares no fermentables.

4.5.8. CENIZAS

Los resultados del análisis de ambos vinos mostraron un mayor contenido de cenizas en el vino proveniente de la espaldera, con un promedio de 3.57 g/L en tanto que para la lira fue de 3.16 g/L.

Las diferencias fueron constatadas estadísticamente ($p = 0.11$).

El mayor contenido de cenizas en el vino proveniente de la espaldera, estaría indicando un mayor contenido de sustancias minerales entre las cuales el más abundante es el potasio. Este se encuentra en el vino principalmente ligado al ácido tartárico, formando bitartrato de potasio (sal ácida) (Troost, 1985; De Rosa, 1988).

Peynaud (1977), Oreglia (1979) y Zamboni (1991) dicen que la acidez total, esta dada por la suma de los ácidos orgánicos presentes en el vino y sus sales ácidas. El vino obtenido a partir de la espaldera podría tener una mayor acidez total debido a un mayor contenido de bitartrato de potasio.

En el vino obtenido a partir de la espaldera el mayor contenido de cenizas y por lo tanto sales ácidas, explicaría el mayor valor de pH. Este, esta fuertemente determinado por el ácido tartárico, que en el vino de la espaldera estaría comprometido en uniones con el potasio.

4.5.9. ANHIDRIDO SULFUROSO LIBRE Y TOTAL

En el ensayo los valores promedio obtenidos de anhídrido sulfuroso total fueron de 59.2 mg/L para la espaldera y 52.8 mg/L para la lira, mientras que el anhídrido sulfuroso libre promedio fue de 9.6 mg/L para la espaldera y 8.0 mg/L para la lira.

No constatándose diferencias significativas entre ellos ($p = 0.42$ para el libre y $p = 0.33$ para el SO₂ total).

El sistema de conducción no estaría afectando directamente este parámetro, que depende del agregado del SO₂ y del proceso de vinificación (Troost, 1985; De Rosa, 1988).

En el presente ensayo al no haber diferencias significativas entre ambos vinos, se podría decir que no ocurrieron alteraciones en sus procesos, siendo similares.

4.5.10. COLOR Y POLIFENOLES TOTALES

En el presente ensayo el promedio de polifenoles totales para la espaldera fue de 1679.1 mg gálico/L, mientras que para la lira fue de 1881.5 mg gálico/L (lo que indicaría una mejor carga de pigmentos en el vino de la lira).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ambos vinos ($p = 0.0093$).

Los valores registrados para ambos vinos, se encuentran alejados de los valores medios reportados por González *et al.* (1997) para vinos terminados VCP en Uruguay (1072.8 mg gálico/L), pero cercanos a los máximos encontrados (1820.4).

La comparación de los datos de polifenoles de ambos vinos con valores registrados en otros ensayos, es relativa ya que las cantidades bajan con el tiempo; existiendo

diferencias significativas según Moretti (1992) a los 60 y 270 días luego de la vinificación.

Pueden existir diferencias debido al proceso de vinificación, puesto que este influye sobre los contenidos de polifenoles totales según Arfelli (1992) citado por González (1994). Para el análisis comparativo entre el vino de la espaldera y la lira, en el presente ensayo, el proceso de vinificación no tendría mayor efecto puesto que fue el mismo para los dos sistemas.

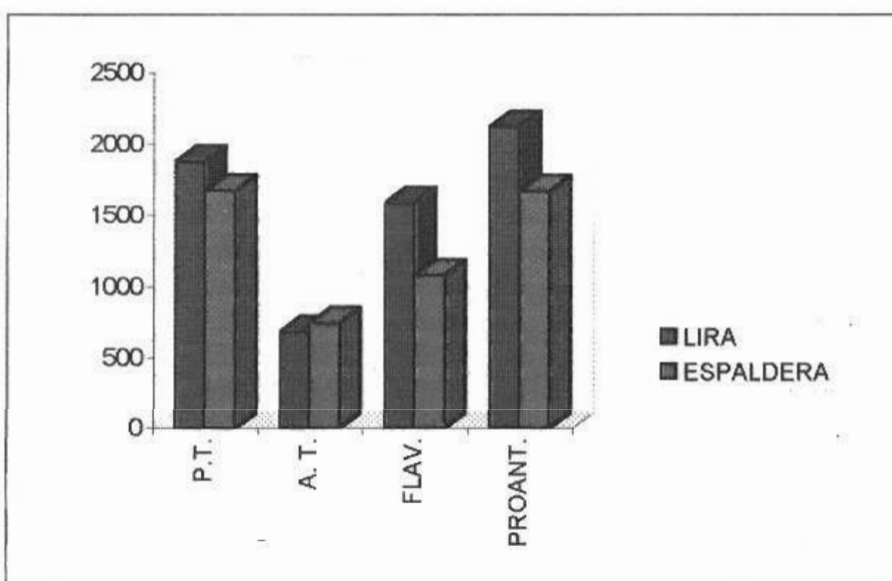
Los resultados del ensayo coinciden con los de Carbonneau (1985, 1986, 1987), Castro *et al.* (1991) quienes encontraron una mayor concentración de polifenoles totales en los vinos obtenidos del sistema en lira.

Esto puede ser debido, probablemente al mayor porcentaje de racimos externos encontrados en la lira, puesto que según Carbonneau (1980), Morrison *et al.* (1990), Smart (1990), la síntesis de polifenoles depende de una buena iluminación y temperatura a nivel de racimos.

El mayor peso de los granos en la espaldera permite inferir un mayor volumen de los mismos, lo que provocaría una disminución de la relación hollejo – pulpa, provocando una disminución en la concentración de polifenoles.

El color de los vinos esta determinado por el contenido de polifenoles, con la influencia de otros factores como concentración de SO₂ y pH (Ribéreau-Gayon, 1972; Glories, 1984).

Gráfica 11: Concentración de compuestos polifenólicos en los vinos



- P.T.: polifenoles totales (mg galico/L); A.T.: antocianos totales (mg monoglucocido de Mv/L); FLAV.: flavanos (mg D-catequina/L); PROANT.: proantocianidinas (mg cloruro de cianidina/L)

Los vinos tintos jóvenes deben sus coloraciones a las concentraciones de antocianos ionizados, combinaciones antocianos-taninos y a taninos (Ribéreau-Gayon, 1972; Glories, 1984).

Cada antociano presenta diversas estructuras moleculares que se encuentran en equilibrio entre sí de acuerdo al pH. Sus equilibrios regulan el color del vino (De Rosa, 1988). Presentan color rojo-violáceo en medio ácido, azulado o incoloro en medio neutro y amarillo en medio fuertemente alcalino (Peynaud, 1977).

En el presente ensayo se obtuvo un promedio de 749.4 mg monoglucósido de malvidina/L para el vino proveniente de la espaldera y 685.6 mg monoglucósido de malvidina/L para el de la lira. Constatándose diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0051$).

Estos resultados no coinciden con los encontrados por Carbonneau (1985, 1986, 1987), Castro *et al.* (1991), quienes encontraron una mayor concentración de antocianos en la lira, debido a que la mayor concentración de antocianos en las bayas se da cuando estas están sometidas a mayor iluminación (Morrison *et al.* 1990). Según Moretti (1992) pueden existir pérdidas por oxidación, frente a iluminaciones extremas y disminución de la síntesis de antocianos por bajas amplitudes térmicas.

En el análisis estadístico se observa que existen diferencias significativas ($p = 0.0004$) en la intensidad de color de los vinos provenientes de ambos sistemas.

El vino obtenido del sistema en lira mostró una mayor intensidad de color, con un valor promedio de 17.42, en tanto que en la espaldera fue de 12.26. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Castro *et al.* (1991) quien tuvo mayor intensidad de color en el vino proveniente de la lira.

Los vinos jóvenes deben su color rojo a la concentración de antocianos ionizados, que esta determinada entre otros factores por el pH del vino.

El vino proveniente de la espaldera presentó un mayor contenido de antocianos totales, lo que en principio permitiría predecir una mayor coloración roja. No obstante el vino de la lira presentó un mayor porcentaje de color rojo y mayor porcentaje de rojo puro. Por otro lado se podría suponer, que el vino proveniente de la lira, dado su menor pH tendría mayor proporción de antocianos disociados, que junto al mayor contenido de flavanos y proantocianidinas, supondría un mayor color rojo (Moretti, 1992).

En el presente ensayo el valor promedio obtenido de proantocianidinas para la espaldera fue de 1672.1 mg de cloruro de cianidina por litro mientras que para la lira fue de 2124.9 mg de cloruro de cianidina por litro, existiendo diferencias significativas ($p = 0.0026$).

Estos resultados pueden ser atribuidos a que la lira mostró un mayor porcentaje de racimos expuestos, coincidiendo con los resultados de Carbonneau (1980).

Las proantocianidinas según su grado de polimerización determinan la astringencia (Ribéreau-Gayon, 1972).

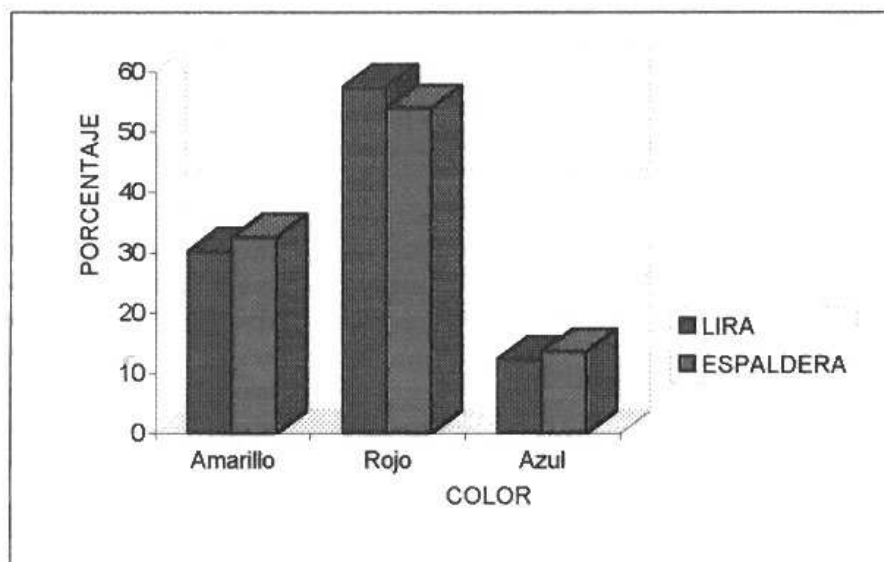
La mayor cantidad de flavanos en el vino obtenido del sistema en lira, permite predecir una mejor evolución del mismo en el tiempo, debido a las condensaciones entre antocianos y flavanos.

En los vinos tintos viejos estas sustancias contribuyen a un color rojo teja que reemplaza al color rojo más vivo de los antocianos (Glories, 1984).

Con respecto a la tonalidad, se obtuvo un promedio de 0.60 para el vino proveniente de la espaldera y 0.53 para el proveniente de la lira; siendo estadísticamente diferentes ($p = 0.0075$).

Los valores muestran al vino de la lira con una tonalidad más roja, lo que es reafirmado con el porcentaje de rojo que fue para la lira de 57.4 % mientras que en la espaldera fue de 53.9 %, siendo estadísticamente diferentes ($p = 0.0052$).

Gráfica 12: Porcentaje de amarillo, rojo y azul en los vinos



En lo que respecta al porcentaje de rojo puro, la lira tuvo 62.85 mientras que la espaldera 57.35, siendo las diferencias significativas ($p = 0.0061$).

El mayor porcentaje de rojo puro, junto al mayor porcentaje de rojo, estaría dando al vino de la lira un color más rojo franco (Calderón, 1996).

Cuadro 13: Resultados del análisis químico de los vinos y sus significancias estadísticas

	LIRA	ESPALDERA	SIGNIF.
Alcohol	11.49	11.66	0.36
Ac. Total	4.80	4.95	0.096
Ac. Fija	4.49	4.65	-
Ac. Volátil	0.31	0.30	0.74
pH	3.71	3.90	0.0008
Ext. Seco	28.4	28.0	0.67
Azúcar	1.84	1.77	0.58
Cenizas	3.16	3.57	0.12
SO ₂ Libre	8.0	9.6	0.42
SO ₂ Total	52.8	59.2	0.33
Int. Color	17.42	12.26	0.0004
Tonalidad	0.53	0.60	0.0075
%Amar.	30.25	32.55	0.0047
%Rojo	57.40	53.95	0.0052
%Azul	12.35	13.50	0.0093
% dA	62.85	57.35	0.0061
Polif. Total	1881.45	1679.15	0.0093
Antoc. Total	685.55	749.4	0.0051
Flavanos	1588.30	1080.85	0.003
Proant.	2124.85	1672.10	0.0026

* Alcohol. (grado alcohólico), Ac. Total (acidez total en g H₂SO₄/L), Ac. Fija (acidez fija en g H₂SO₄/L), Ac. Volátil (acidez volátil en g H₂SO₄/L), Ext. Seco (extracto seco en g/L), Azúcar (g/L), Cenizas (g/L), SO₂ Libre y Total (mg/L), Polif. Total (polifenoles totales en mg galico/L), Antoc. Total (antocianos totales en mg monoglucosido de Mv/L), Flavanos (mg D-catequina/L), Proant. (proantocianidinas en mg Cloruro de cianidina/L)

5. CONCLUSIONES

En el sistema de conducción en lira dada su arquitectura se verifico una mejoría en la distribución del follaje, así como en la exposición del mismo. Esto se constato ya que este sistema presento un menor numero de planos de hojas, una mayor superficie foliar total y expuesta, y un mayor porcentaje de hojas externas que el sistema en espaldera.

El sistema en lira mostró una mayor superficie foliar total por metro, no obstante la superficie foliar por sarmiento y la longitud de los mismos resultado menor que en la espaldera, debido al mayor numero de yemas por metro en este sistema. Esto estaría indicando un menor vigor de los sarmientos en el sistema en lira dada la mayor competencia.

El menor número de planos de hojas y el mayor porcentaje de hojas externas junto al menor vigor de sarmiento visto en la lira, estarían indicando un canopy menos denso y por lo tanto menor humedad, sombreado e incidencia de enfermedades.

La menor densidad del follaje en el sistema en lira, fundamentalmente a los ochenta centímetros, donde se da la mayor concentración de racimos, determina un microclima mas favorable para los racimos. Esto se ve acentuado por el mayor porcentaje de racimos externos observado en la lira.

El mejor microclima a nivel del canopy, estaría asegurando una mayor eficiencia en la captación de la energía solar.

En lo concerniente a los indicadores fisiológicos, en el sistema en lira la menor densidad del canopy y la mayor superficie foliar expuesta, serían responsables de mayores perdidas de agua, y por lo tanto mayor estrés. Lo que sería una desventaja para la eficiencia fotosintética de este sistema.

Si bien el sistema en lira presentó cierta desventaja frente a la espaldera en lo que respecta al potencial hídrico, la situación se revirtió en lo que respecta a color. Las hojas externas resultaron ser mas coloreadas. La mayor superficie foliar expuesta y el mayor porcentaje de hojas externas en el sistema en lira favorecerían la eficiencia fotosintética.

En el sistema en lira se constató una mayor producción, debido al mayor peso de poda y de cosecha registrado en un metro lineal; asociado ambos a una mayor superficie foliar total y expuesta, y a una mejor coloración del canopy.

Las diferencias en cuanto a producción y acumulación de azúcares no fueron más notorias debido al mayor estrés hídrico experimentado por el sistema en lira, dada la arquitectura del mismo.

En la presente investigación, si bien no se realizaron análisis sensoriales que permitan definir la calidad enológica del vino, los análisis químicos realizados mostraron ciertas características que diferencian a los vinos provenientes de los sistemas de conducción en lira y espaldera.

Las diferencias más notorias se encuentran en la acidez total, pH, cenizas, compuestos polifenólicos y color del vino.

Las mayores diferencias fueron observadas en el contenido de compuestos polifenólicos y en el color, presentando mejores características el vino proveniente del sistema en lira.

En el vino obtenido del sistema en lira se constató un mayor contenido de compuestos polifenólicos y mayor color rojo. Esto estaría determinado por el menor tamaño de granos y mejor microclima en la zona de los racimos en el sistema en lira.

Frente a los resultados del presente ensayo, en el cual se constató que:

- no existieron diferencias en la graduación alcohólica, acidez volátil, anhídrido sulfuroso libre y total, azúcares reductores y extracto seco
- hubo un mayor contenido de polifenoles totales, flavanos, proantocianidinas, intensidad de color, porcentaje de rojo y porcentaje de rojo puro;
- el sistema en lira presentó una mayor producción;

se verificó una superioridad del sistema en lira, para la elaboración de vinos tintos *Tannat* para las condiciones del período 1995-1996.

Dada la importancia del sistema de conducción y su influencia sobre factores productivos y de calidad es que sería recomendable la continuidad de la investigación en diferentes años, a los efectos de perfeccionar este sistema de conducción para las condiciones de Uruguay.

Creemos conveniente también el estudio de nuevos marcos de plantación y ajustar la carga de yemas por planta para corregir rendimientos y mejorar la calidad.

Asimismo, dada la alta correlación corroborada, entre superficie foliar de hoja – longitud de sarmiento y longitud de sarmiento – superficie foliar de sarmiento, se recomienda la

continuidad de su estudio para ajustar rectas de regresión que faciliten cálculos de superficies foliares.

6. RESUMEN

El propósito de la conducción es producir vides con una forma que facilite el cultivo, el control de enfermedades e insectos, la poda, la cosecha, y que permita regular las condiciones ecofisiológicas de la cepa; optimizando el microclima del follaje y racimos, y fundamentalmente la captación de energía.

En consecuencia que las plantas sean económicas en su mantenimiento y capaces de producir en la cantidad y calidad deseada.

Debido a la ausencia de un estudio sistemático en el país, que compruebe la superioridad del sistema en lira frente a la espaldera para nuestras condiciones climáticas, es que se vio necesario el inicio de un estudio comparativo.

El objetivo del presente trabajo fue hacer una evaluación de ambos sistemas de conducción para el cv. *Tannat*, a partir de parámetros vegetativos, productivos e indicadores fisiológicos. Mediante una microvinificación en tinto con 5 días de maceración, empleando 80 kilos de racimos de cada sistema de conducción, se evaluaron las características enológicas de los vinos obtenidos.

Los parámetros vegetativos evaluados fueron: longitud de sarmientos, longitud de los sarmientos en un metro, superficie foliar por sarmiento, superficie foliar total, superficie foliar expuesta, porcentaje de hojas internas, número de planos de hojas y porcentaje de racimos internos. Las correlaciones existentes entre superficie de la hoja media – longitud de sarmiento ($r = 0.80$) y entre longitud de sarmiento – superficie foliar del sarmiento ($r = 0.89$) permitió ajustar rectas de regresión que facilitarían futuras mediciones.

Los indicadores fisiológicos evaluados fueron: color de hojas y potencial hídrico.

Los parámetros productivos medidos fueron: peso de cosecha y peso de poda.

Se realizó un seguimiento de la maduración a través del muestreo de granos al azar, determinándose: peso de 100 granos, sólidos solubles, acidez total y pH. El seguimiento se realizó en racimos al sol y en la sombra, en forma separada para cada sistema de conducción.

Al mes de realizada la microvinificación se realizaron análisis por duplicado de: grado alcohólico, acidez total, pH, anhídrido sulfuroso libre y total, acidez volátil, azúcar, cenizas, extracto seco, porcentaje de amarillo, porcentaje de rojo, porcentaje de azul, porcentaje de rojo puro, intensidad de color, tonalidad, polifenoles totales, antocianinas totales, flavanos y proantocianidinas.

El ensayo se realizo en la localidad de Joanico. Para el sistema en espaldera se seleccionaron 20 parcelas al azar y 15 parcelas al azar para el sistema en lira.

Se realizo un diseño estadístico completo al azar. Las mediciones vegetativas y de los indicadores fisiológicos, se hicieron en varios momentos del ciclo vegetativo. Principalmente en post-floración (24/11), cuajado (6/12), cierre de racimo (10/1), envero (8/2), una semana antes de cosecha (8/3) y cosecha (14/3).

Los parámetros fueron comparados independientemente entre sistemas de conducción y luego correlacionados entre si, a los efectos de explicar las diferencias a nivel productivo y enológico.

Los resultados obtenidos en el ensayo muestran en el sistema en lira, un menor numero de planos de hojas, menor porcentaje de hojas internas, mayor superficie foliar total y expuesta por metro, mayor porcentaje de racimos expuestos y menor longitud de sarmientos.

A nivel de indicadores fisiológicos, la lira presento mayor color verde y mayor estrés hídrico.

Los parámetros productivos situaron a la lira con mayor peso de poda y una tendencia a mayor peso de cosecha.

En los análisis del vino se constato en el proveniente de la lira mayor: intensidad de color, porcentaje de rojo, porcentaje de rojo puro, polifenoles totales, flavanos, proantocianidinas; y menor acidez total, pH, cenizas, tonalidad, porcentaje de amarillo, porcentaje de azul y antocianinas totales. No existieron diferencias estadísticas en el resto de los parámetros.

Del presente trabajo se concluye que el sistema de conducción en lira presento una mayor superficie foliar total y expuesta por metro, y relacionado a esto mayor producción. Esta mayor producción fue comprobada por un mayor peso de madera del año y rendimiento de racimos.

El mayor estrés hídrico constatado en la lira no permitió que las diferencias productivas fuesen mayores.

El vino obtenido del sistema en lira mostró una marcada superioridad en lo que se refiere a color y contenido de compuestos polifenólicos. Esto explicado por un mayor porcentaje de racimos externos, menor densidad del canopy y por lo tanto mejores condiciones microclimáticas para los racimos.

7. BIBLIOGRAFIA

1. ALADREN, E. 1994. Influencia de la producción y del momento de la vendimia sobre la calidad de los vinos. GESCO. pp 144-154.
2. ANDRADES, M. 1990. Fisiología de la maduración de la uva. Viticultura/Enología Profesional no. 9: 21-30.
3. ANDREW, G., REYNOLDS, A., PRICE, S., WARDLE, D., WATSON, B. 1994. Fruit end viroment and crop level effects on Pinot Noir; Vine performanse and fruit composition in British Columbia. American Journal of Enology and Viticulture. 45 (4): 452-459.
4. ANTONACCI, D., NOTTE, E. 1990. Influenza esercitata dall' aumento della produzione viticola sulla composizione antocianica e considerazioni tecnologiche. Vine d'Italia pp 3-21.
5. ARANAGA, I. 1968. Diez temas sobre la vid. Madrid, Ministerio de Agricultura. 185 p.
6. BAEZA, P., SOTES, V., RUIZ, C., BARTOLOME, M., LISSARRAGÜE, J. 1993. Seasonal variation of sunlight interception in grapevine training system. GESCO. pp 144-146.
7. BALCAR, J. 1980. Fotosíntesis y productividad en vid. Montevideo, Ministerio de Industria y Energía; Comisión Nacional de Energía Atómica. 8 p. (Boletín de divulgación)
8. BALCAR, J., FERNÁNDEZ, J. MEYER, L. 1977. Influencia de la iluminación sobre la actividad fotosintética de las hojas de vid cultivada en espaldera. Turrialba 27 (1): 3-6.
9. BARBAGALLO, M., COLESANO, G., DI LORENZO, R., MELLI, R., OCCORSO, G., SOTTILE, I. 1993. The influence of bud-load on the vegetative and productive activity of vines. GESCO. pp 92-97.
10. BORSANI, J. 1989. La conduccion en lira; Mision tecnica del dr. A. Carbonneau en Uruguay. Fucrea. no Agosto: 37-49.

11. BOUBALS, D. 1991. Los factores de calidad de las viníferas tintas.
Viticultura/Enología Profesional no. 14: 48-50
12. BOUBALS, D. 1982. Deux nouveaux vins rouges et rosés AOC dans le midi:
Faugeres et Saint-Chinian; Des bases agronomiques de la qualite des vins. Le
Soufre no. 12: 285.
13. BRANAS, J. 1982. Des bases agronomiques de la qualité des vins. Le Soufre no. 12:
286-289.
14. BRANAS, J. 1974. Viticulture. Montpellier, Francia, Déhan. 990 p.
15. CALDERON, F., NAVASCUÉS, E., VILA, J., COLOMO, B., SUÁREZ, J.,
GÓMEZ-CORDOVÉZ, M. 1996. Estudio analítico de vinos de D.O. "vinos
de Madrid"; Estudio de color y evaluación de la estabilidad fisico-química y
microbiológica. Viticultura/Enología profesional no. 46: 56-64.
16. CARBONNEAU, A. 1995. La surface foliaire exposée potentielle. Progres Agricole
et Viticole 112 (9): 204-212.
17. CARBONNEAU, A., RIOU. 1995. Mise au point d' un modele de qualite en
viticulture. GESCO. pp 119-124.
18. CARBONNEAU, A. 1990. Mecanismes generaux de l' influence du systeme de
conduite sur la qualite des vins. Estrato da: Atti accademia italiana della vite e
del vino. GESCO. pp 23-34.
19. CARBONNEAU, A. CASTERAN, P. 1987. Interactions "training system * soit *
rootstock" with regard to vine ecophysiology, vigor, yield and red wine
quality in the Bordeaux area. Acta Horticulturae 206: 119-140.
20. CARBONNEAU, A., CASTERAN, P. 1986. Optimization of vine performance by
the lyre training system. In Australian Wine Industry Technical Conference,
(6°, 1986, Adelaide, South Australia) Proceedings. pp 194-204.
21. CARBONNEAU, A. 1982. Influence des systemes de conduite en "lyre" sur la
physiologie de la vigne. Le Soufre no. 12: 290-300.

22. CARBONNEAU, A. 1980. Recherche sur les systemes de conduite de la vigne; Essai de maitrise du microclimat et de la plante entiere pour produire economiquement du raisin de qualite. These Ph. D. Pont de la maye. Station Derecherches de Viticulture. 235 p.
23. CARBONNEAU, A., LECLAIR., DUMARTIN., CORDEAU., ROUSSEL. 1977. Etude de l' influence chez la vigne du rapport " partie vegetative / partie productrice" sur la production et la cualite des raisins. *Connaissance de la Vigne et du Vin*. 11 (2): 105-130.
24. CARBONNEAU, A. 1975. Mise au point bibliographique sur la photosynthese chez la vigne. *Connaissance Vigne et du Vin*. 9: 249-260.
25. CARGNELLO, G. 1984. La modification du microclimat lumineux par de nouveaux modeles de systemes de conduite. *Bulletin de l' OIV*. 57 (638): 291-307.
26. CARTECHINE, A., PALLIOTTI, A. 1995. Effect of shading on vine morphology and productivity and leaf gas exshange characteristic in grapevine in the field. *American Journal of Enology and Viticulture*. 46 (2): 227-234.
27. CASTINO, M., MARCHETTI, L. 1990. Evolucion de polifenoli flavanisi nel corso dell' invecchiamento. *Vine d'Italia*. 32 (1): 23-35.
28. CASTRO, R., LOPEZ, C., ALMEIDA, C., ALONSO, J. 1991. Caracterisation ecophysiological de deux systemes de conduite de la vigne cv. Cabernet-Sauvignon. *GESCO*. pp 22-29.
29. CASTRO, R., MOTA, T., GARRIDO, J., LEME, J. 1991. Etude comparative entre plusieurs systemes de conduite sur deux cépages des "vinhis verder". *GESCO*. pp 1-7.
30. CATALINA, L., MARZUELOS, C., ROMERO, R., SARMIENTO, R. 1982. Cambios metabolicos durante el proceso de maduracion de la uva en la sona del marco de Jerez de la Frontera. *Art. Edaf. Agrobio*. 41 (87): 1.503 – 1.517. (original no consultado).
31. CHAMPAGNOL, F. 1984. Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale. Montpellier. Dehan. 351 p.
32. DE FRUTOS, E. 1995. Conocer para valorar. Montevideo, Trilce. 139 p.

33. DE FRUTOS, E. 1987. Elaboración de vinos de mesa. Montevideo, Facultad de Agronomía. 91 p.
34. DE FRUTOS, E. 1980. Uva madura; Materia prima del vino. Almanaque Banco de Seguros del Estado. pp 267-270.
35. DELTEIL, D. -----. Les macérations en rouges: l' art du détail. Departement recherche et développement, Montpellier. Revue des enologues no. 77: 23-25.
36. DE ROSA, T. 1988. Tecnología del vino tinto. Mundi-Prensa. Madrid. 247 p.
37. DI STEFANO, R., CRAVERO, M., GUIDONI, S. -----. I composti fenolisi dell' uva. Vini de' Italia. pp 15-22.
38. DOKOOZLIAN, N., KLIEWER, W. 1995. The light environment within grapevine canopies. II. Am. J. Enol. Vitic. 46 (2): 219-226.
39. DOKOOZLIAN, N., KLIEWER, W. 1995. The light environment within grapevine canopies. I Am. J. Enol. Vitic. 46 (2): 209-217.
40. DU PLESSIS, C. 1983. Maturité optimale et mesures de qualité autres que le sucre. Bulletin de l'OIV. 56 (634): 834-853.
41. FERNÁNDEZ, J., BALCAR, J., MEYER, L. Eficiencia de la actividad fotosintética de vides en Uruguay. *In* Simposio latinoamericano de la uva y el vino. (1977, Montevideo), 1977. Montevideo, Latu. pp 27-36. (Cuaderno técnico 38).
42. FERRARO OLMOS, R. 1989. Antecedentes y situación actual de la viticultura uruguaya. Montevideo, Dirección de extensión MGAP. 150 p.
43. FERRARO OLMOS, R. 1983. Viticultura moderna. Montevideo, Hemisferio sur. 893p.
44. GALET, P. 1952. Precis d'ampelographie pratique. Montpellier. Déhan. 182 p.
45. GARDNER, F., PEARCE, R., MITCHELL, R. 1985. Physiology of crop plants. The Iowa state university. Ames, Iowa. 327 p.
46. GIULIVO, C., PITACCO, A. 1993. Preliminary results on estimation of the actual evapotranspiration of vineyard by micrometeorological methods. GESCO. pp 140-143.

47. GLORIES, Y. 1984. La couleur des vins rouges; Les equilibres des anthocyanes et des tanins. *Connaissance Vigne Vin* 18 (3): 195-217.
48. GLORIES, Y. 1984. La couleur des vins rouges; Mesure, origine et interpretation. *Connaissance Vigne Vin* 18 (4): 253-271.
49. GONZÁLEZ, G., BOCHICCHIO, R., GATO, G. GIL, G. 1997. Color y composición fenolica de vinos de calidad preferente. *Panorama Vitícola*. 1 (1): 18-24.
50. GONZÁLEZ, G., BOCHICCHIO, R., CURBELO, M., GIL, G. 1996. Composición fenolica de vinos tintos de calidad preferente. *De Buena Cepa*. 1 (6): 18-20.
51. GONZÁLEZ, G., BARREIRO, L., BOCHICCHIO, R., CURBELO, M. GATTO, G., GIL, G., PERRONE, J., TESSORE, A. 1994. Estudios de caracterización analítica de los vinos uruguayos. *Panorama Vitícola*. 2 (9): 21-26.
52. GONZÁLEZ, G., BARREIRO, L., BOCHICCHIO, R., CURBELO, M. GATTO, G., GIL, G., PERRONE, J., TESSORE, A. 1994. Estudio comparado entre métodos de determinación del extracto seco de los vinos. *Panorama Vitícola*. 2 (8): 13-15.
53. GONZÁLEZ, G., BARREIRO, L., BOCHICCHIO, R., CURBELO, M. GATTO, G., GIL, G., PERRONE, J., TESSORE, A. 1994. Los compuestos fenolicos de los vinos. *Panorama Vitícola*. 2 (7): 11-14.
54. JACKSON, D., LOMBARD, P. 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*. 44 (4): 409-430.
55. JOHNSON, L. 1973. Organic acid and sugar contents of Scuppermong grape during ripening. *Journal of Food Science*. 38 (2): 21-24.
56. KLIEWER, W. 1977. Influence of temperature, solar radiation on coloration and composition of Emperor grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*. 31 (7): 13-17.
57. LISSARRAGUE, J., RUIZ, C., BARTOLOME, C., BAEZA, P., SOTES, V. 1991. Etude ecophysiological des differentes exposition de la vegetation dans les systemes de conduite en gobelet et en empalier. *GESCO*. pp 1-8.
58. MABROUK, H., Carbonneau, A. 1996. Une méthode simple de détermination de la surface foliaire de la vigne. *Progrès Agricole et Viticole* 113 (18): 392-398.

59. MACAULAY, L., MORRIS, J. 1993. Influence of Cluster exposure and winemarking processes. *American Journal of Enology and Viticulture* 44 (2): 198-205.
60. MACÍAS HERNÁNDEZ, H. 1993. Manual practico de viticultura. México, Trillas. 112 p.
61. MARECA, I. 1983. Origen, composición y evolución del vino. Alhambra, España. 361 p.
62. MARGHERI, G. 1978. Ruolo dei composti polifenolici nella elaborazione dei vini rossi giovani. *Vignevini* 5 (10): 29-45.
63. MARTÍN, V. 1979. Determinación de la superficie foliar y su aplicación al estudio de la productividad de los viñedos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 135 p.
64. MATTHEWS, M., ANDERSON, M. 1988. Fruit ripening in *vitis vinifera* L; Responses to seasonal water deficit. *American Journal of Enology and Viticulture*. 39 (4): 313-320.
65. MORETTI, C. 1992. Evoluzione dei composti fenolici e loro influenza sulle caratteristiche organolettiche dei vini. *Vini d' Italia*. pp 49-58.
66. MORRISON, J., NOBLE, A. 1990. The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *American Journal of Enology and Viticulture*. 41 (3): 193-200.
67. MURISIER, F., ZUFFEREY, V. 1995. Optimisation du rapport feuille-fruit en viticulture essai de variation de la hauteur de la haie foliaire et du niveau de rendement. *GESCO*. pp 215-220.
68. MURISIER, F. 1993. Influence de l' orientation des rangs sur le comportement de la vigne. Comparaison plan vertical simple et lyre. *GESCO*. pp 26-30.
69. MURISIER, F. 1991. Effets de la charge en bourgeons et de la densite de plantation sur le potential de production, sur la cualite du raisin et sur le developpement vegetatif. Essoi sur Chasselas. *GESCO*. pp 1-11.
70. NAOR, A., BRAVDO, B., GELOBTER, J. 1994. Gas exchange and water relations in field-grown Sauvignon-Blanc grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 45 (4): 423-428.

71. NOGERA PUJOL, J. 1972. Viticultura práctica. Lerida, España, Dilagro. 367 p.
72. OLLAT, N., NEVEUX, M., CARBONNEAU, A. 1993. Dynamique journalieres des échanges gozeux de vignes condiutes en lyra et en monoplant vertical; Quantification de carbone ficé. GESCO. pp 147-149.
73. OLLAT, N., NEVEUX, M. 1991. Comportamens ecophysiological de vignes en lyra et ditionuelles; Etude spésifique de la photosynthese et du tentiel hydrique. GESCO. pp 5-13.
74. OREGLIA, F. 1979. Enologia teórico – practico. Buenos Aires, Instituto salesiano. 1353 p. 2 v.
75. PALACIOS, J., CEA, P., CANCER, M. 1985. Evolución de la maduración e índices de madurez en vides de La Rioja. IER. nº 8. (original no consultado)
76. PEYNAUD, E. 1977. Enología practica. Madrid, Mundi-Prensa. 414 p.
77. PHILIP, T. 1974. An anthocyanis recovery system from grape. Journal of Food Science. 39, (859). (original no consultado)
78. PIERI, P. 1995. Simulation saironnieres des variation de rayonnement intercepté, pour different rents systemes de conduite a un plan de feuillage vertical. GESCO. pp 97-104.
79. POUGET, R. 1983. La croissance et le développement de la vigne. Bulletin de l' OIV. 56 (633): 725-732.
80. REYNOLDS, A., WARDLE, D., DEVER, M. 1994. Shoot densiti effects on grapevines. American Journal of Enology and Viticulture. 45 (4): 435-450.
81. REYNOLDS, A., PRICE, S., WARDLE, D., WATSON, B. 1994. Fruit end vironment and crop level effects on Pinot noir; Vine performance and fruit composition in British columbia. American Journal of Enology and Viticulture. 45 (4): 452-459.
82. RIBEREAU- GAYON, J., P., PEYNAUD, E. 1971 Science et techniques de la vigne; Culture, pathologia défense sanitaire de la vigne. Paris, Dunond. 719 p.
83. RIBEREAU-GAYON, J., PEYNAUD, E. 1971. Science et techniques de la vigne; Biologie de la vigne. Paris, Dunod. 725 p.

84. RIBEREAU-GAYON, J., RIBEREAU-GAYON, P., PEYNAUD, E., SUDRAUD, P. 1972. Sciences et techniques du vin. Paris, Dunod. 671 p.
85. SANNINO, F. 1948. Tratado de enología. Gili. 2ª ed. 920 p.
86. SALISBURY, F., ROSS, C. 1992. Plant physiology. California. Warsworth 682 p.
87. SCHNEIDER, C., SALBER, R., BEHR, J. 1993. La surface foliaire exposée, critère d'estimation du potentiel qualitatif du système de conduite. GESCO. pp 152-157.
88. SCHNEIDER, C. 1989. Introduction à l'écophysiologie viticole; Application aux systèmes de conduite. Bulletin OIV (701-702): 498-515.
89. SHAULIS, N. 1984. Caractéristique des milieux de la vigne par rapport à leur évaluation et à leur amélioration. Bulletin de l'OIV. 57 (638): 283-290.
90. SMART, R., ROBINSON, J. 1990. Sunlight into wine; A handbook for winegrape canopy management. 66 p.
91. SMART, R. 1988. Shoot spacing and canopy light microclimatic. American Journal of Enology and Viticulture. 39 (4): 325-333.
92. SMART, R., ROBINSON, J. 1985. Canopy microclimate modification for the cv. Syrah. Definition of canopy microclimate. Vitis 24 (1): 12-18.
93. SMART, R., ROBINSON, J. 1985. Canopy microclimate modification for the cv. Syrah; Effects on must and wine composition. Vitis 24 (2): 119-123.
94. SMART, R. 1985. Principles of grapevines canopy microclimate manipulation with implication for yield and quality. American Journal of Enology and Viticulture. 36 (3): 230-239.
95. TARDAGUILA, J., BERTAMINI, M. 1993. Gestión del follaje: una potente técnica para mejorar la producción y la calidad de la uva. Viticultura/Enología Profesional no. 28: 31-45.
96. TROOST, G. 1985. Tecnología del vino. Barcelona, Omega. 1103 p.
97. VARGA, I., ROMENDA, R., KAPTÁS, T., BOTOS-BÁLO, B. 1994. The behaviour of Traminer, Zweigelt and Cabernet franc varieties on different training systems in Eger in Hungary. GESCO. pp 93-98.

98. VEGA, J. 1977. Sistemas de conduccion y poda. In Simposio latinoamericano de la uva y el vino, (1977, Montevideo). Montevideo, Latu. pp 18-27. (Cuaderno técnico 38).
99. VEGA, J., ALCALDE, A., CINTA, W. 1962. Variedades de vid que se cultivan en la región de Cuyo. Buenos Aires, INTA. 267 p.
100. VIVAS, N. 1990. Les conditions d'elaboration des vins rouges destinés á un élevage en barriques. *Revue des Enologues* no. 68: 27-68.
101. WINKLER, J. 1965. Viticultura. México, Continental. 791 p.
102. ----- 1964. Poda de la vid.. Instituto Nacional de Vitivinicultura. Cartilla de divulgación 23 p.
103. ZAMBONI, M., FREGONI, M. 1991. La viticultura y la acides del mosto. / *Viticultura/Enología Profesional* no. 14: 29-37.

8. ANEXOS

FIGURA 1. ESPALDERA ALTA

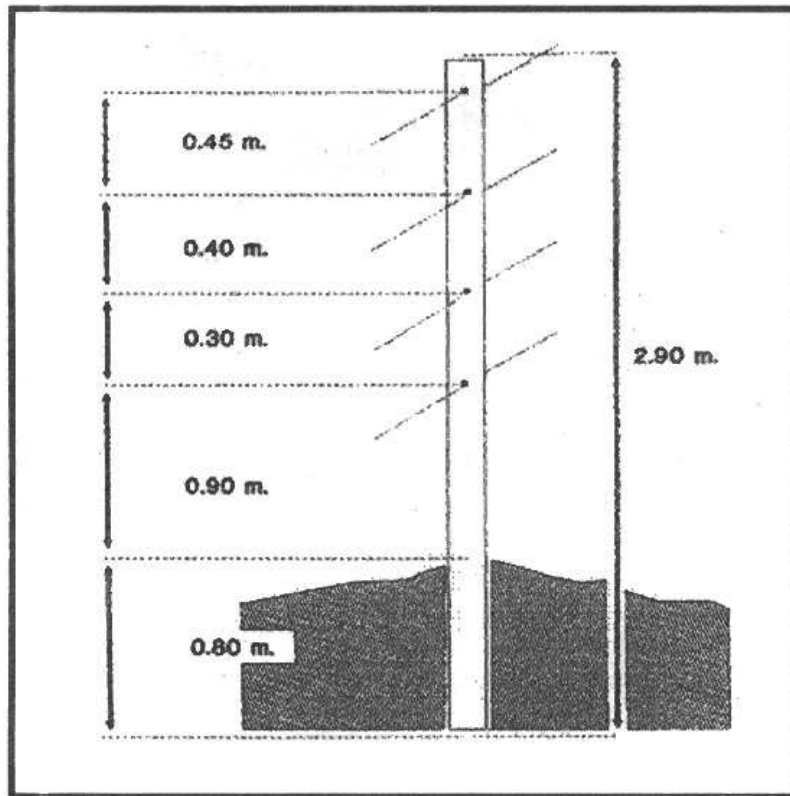


FIGURA 2. LIRA ABIERTA

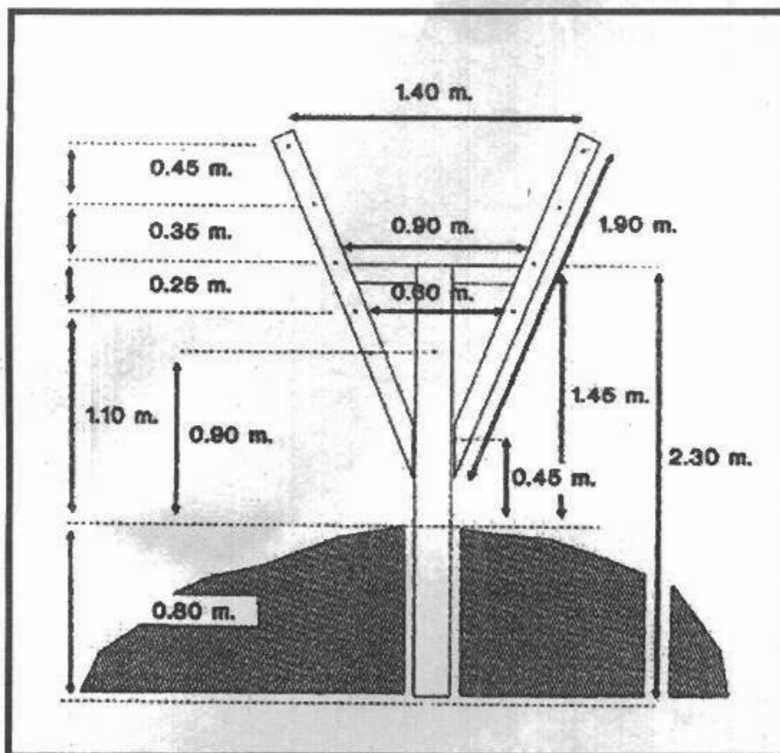


FIGURA 3. ARREGLO DE PLANTAS EN LIRA

