

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA



TESIS DOCTORAL



ANÁLISIS FOLIAR, INTERPRETACIÓN Y OBTENCIÓN DE LAS
NORMAS DRIS PARA LA VITICULTURA DE LA COMARCA
UTIEL-REQUENA. ESTUDIO DE SUS RELACIONES CON LOS
PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN SU APTITUD ENOLÓGICA

AUTOR:

JUAN FRANCISCO GINER GONZÁLBEZ

ORIHUELA, SEPTIEMBRE 2015

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ ELCHE



TESIS DOCTORAL

Escuela Politécnica Superior de Orihuela

Análisis Foliar, Interpretación y Obtención de las Normas DRIS para la Viticultura de la Comarca de Utiel-Requena. Estudio de sus Relaciones con los Parámetros que Caracterizan su Aptitud Enológica

Juan Francisco Giner Gonzálbez

Orihuela - septiembre / año 2015

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

Análisis Foliar, Interpretación y Obtención de las Normas DRIS para la Viticultura de la Comarca de Utiel-Requena. Estudio de sus Relaciones con los Parámetros que Caracterizan su Aptitud Enológica

TESIS DOCTORAL

Autor: D. Juan Francisco Giner Gonzálbez

Licenciado en Enología

DIRECTORES

D^a Francisca Hernández García

Dra. Ingeniero Agrónomo

Profesora Titular de Universidad.

Dpto. Producción Vegetal y Microbiología
(UMH).

D. José Luis Aleixandre Benavent

Dr. Ingeniero Agrónomo

Catedrático de Universidad.

Departamento de Tecnología de los
Alimentos.

Universitat Politècnica de Valencia

A Laura, Diego y Paula





Dr. José Ramón Díaz Sánchez, Dr. Ingeniero Agrónomo, Catedrático de Escuela Universitaria y Director del Departamento de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández,

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral titulada 'Análisis Foliar, Interpretación y Obtención de las Normas DRIS para la Viticultura de la Comarca de Utiel-Requena. Estudio de sus Relaciones con los Parámetros que Caracterizan su aptitud Enológica' de la que es autor el Licenciado en Enología Juan Francisco Giner Gonzálbez ha sido realizada bajo la dirección de la Dra. Francisca Hernández García, profesora Titular de Universidad y del Dr. José Luis Alexandre Benavent la cual considero conforme en cuanto a forma y contenido para que sea presentada para su correspondiente exposición pública.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente certificado en Orihuela a uno de julio de dos mil quince.

Fdo.: Dr. José Ramón Díaz Sánchez



Dra. Dña. Francisca Hernández García, Titular de Universidad del Departamento de Producción Vegetal y Microbiología, de la Universidad Miguel Hernández de Elche y el **Dr. D. José Luis Aleixandre Benavent**, Catedrático de Universidad del Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Universitat Politècnica de Valencia

CERTIFICAN:

Que la Tesis Doctoral titulada **“Análisis Foliar, Interpretación y Obtención de las Normas DRIS para la Viticultura de la Comarca de Utiel-Requena. Estudio de sus Relaciones con los Parámetros que Caracterizan su Aptitud Enológica”** de la que es autor el Licenciado en Enología **Juan Francisco Giner González** ha sido realizada bajo nuestra dirección y autorizamos que sea presentada para optar a la obtención del grado de Doctor por la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Y para que conste a los efectos oportunos firmamos el presente certificado en Orihuela a veintidós de junio de dos mil quince.

Fdo.: Francisca Hernández García

Fdo.: José Luis Aleixandre Benavent

Este trabajo, que forma parte del Proyecto SIDDRA (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación de Abonado), realizado en colaboración con la Universitat Politècnica de Valencia, la Universidad de Alicante y la Universidad Miguel Hernández, ha sido financiado por la empresa Fertiberia. Al cual agradecemos su impulso, apoyo y financiación.



AGRADECIMIENTOS

Esta tesis doctoral no es el fruto de mi esfuerzo, es el de muchos, que creyendo que aportaban un granito de arena con su apoyo, aportaban un torrente de fuerza sin la cual nunca hubiese llegado hasta aquí.

En primer lugar, y como no, agradecerles a Laura, mi mujer, y a mi padre, que no dejasen de hacerme la eterna pregunta “¿cuándo acabas la tesis?”, esa pregunta señalaba el camino para decirles “ya está”. Y por supuesto a mis hermanos que no solo preguntaban, también me han ayudado en el camino.

A mis Directores Académicos Paqui Hernández y José Luis Aleixandre, por su ayuda, disposición y sobre todo, comprensión, para llegar hasta aquí.

A Juan Sancho Civera y Fernando Pomares García y que desde mis inicios profesionales siempre me han orientado en todas mis dudas.

A Helenio Gimeno, Técnico de Desarrollo de Fertiberia, por su ayuda en la realización de los cálculos del DRIS.

Y por supuesto, a tí, Miguel Giménez Montesinos, tú no puedes faltar en estas palabras, gran tutor, excelente persona y mejor amigo. Tu visión de las cosas ha sido fundamental, no solo, para acabar esta tesis, sino, para crecer como persona.

Resumen

Para planificar una correcta fertilización que permita obtener un mosto de calidad, es necesario conocer el nivel deseable de cada nutriente en tejidos representativos del estado nutricional de la planta. Una vez establecido el óptimo, se podrá definir el exceso o la deficiencia de cada uno de ellos y, a partir de ahí, controlar la nutrición mediante el diagnóstico de los tejidos elegidos.

Para ello es necesaria la realización del análisis foliar, valorándose en la interpretación la interacción de los nutrientes que determinan el balance global. La relación entre productividad y estado nutricional de la planta se cumple cuando todos los factores de la producción se encuentran en un nivel adecuado o próximo a la normalidad.

El objetivo de este trabajo es la caracterización y evaluación nutricional de cepas de las variedades: Bobal, Tempranillo, Merlot Cabernet Sauvignon, y Chardonnay, en combinación de los patrones 110-R, 16-49C, 41-B, SO4 en la D.O Utiel-Requena. Se han determinado los Rangos de Normalidad, DRIS, MDRIS, IBN y CND, para cada una de las combinaciones variedad/patrón, y el estudio de su influencia en la aptitud enológica.

Abstract

To plan a proper fertilization for obtaining a quality wine, you must know the desirable level of each nutrient in representative tissues nutritional status of the plant. Once the optimum has been established you can define the excess or deficiency of each of them and, from there, controlling nutrition through selected tissue diagnosis.

This requires the completion of foliar analysis, assessing in interpreting the interaction of nutrients that determine the overall balance is necessary. The relationship between productivity and nutritional status of the plant is fulfilled when all factors of production are in adequate or close to normal levels.

The objective of this work is the characterization and nutritional assessment of strains varieties: Bobal, Tempranillo, Merlot, Cabernet Sauvignon and Chardonnay, in combination patterns 110-R, 16-49C, 41-B, SO4 in the OJ Utiel-Requena. Determining the normal range, DRIS, MDRIS, IBN and CND, for each of the combinations variety / rootstock, and the study of their influence on the oenological fitness.



Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	LA D.O. UTIEL-REQUENA	1
1.2	SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO VITIVINÍCOLA	3
1.3	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO Y OBJETIVOS	5
2	INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA NUTRICIÓN VEGETAL	13
2.1	LOS ELEMENTOS MINERALES.....	19
2.1.1	NITRÓGENO	21
2.1.2	FÓSFORO	25
2.1.3	POTASIO.....	27
2.1.4	MAGNESIO	30
2.1.5	CALCIO	31
2.1.6	HIERRO.....	34
2.1.7	AZUFRE	35
2.1.8	BORO	37
2.1.9	MOLIBDENO.....	38
2.1.10	MANGANESO.....	39
2.1.11	ZINC	40
2.1.12	COBRE.....	41
2.1.13	SODIO	43
2.1.14	CLORO	43
2.2	FACTORES QUE AFECTAN A LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN LA PLANTA.....	44
2.2.1	EDAD FISIOLÓGICA	44
2.2.2	ÓRGANO MUESTREADO	45
2.2.3	POSICIÓN EN LA PLANTA	46
2.2.4	EFFECTO DEL CULTIVAR.....	47
2.2.5	INTERACCIÓN ENTRE NUTRIENTES	48
2.2.6	CONDICIONES AMBIENTALES	49
2.2.7	MOVILIDAD DE LOS NUTRIENTES EN LA PLANTA	50
2.3	FERTIRRIGACIÓN	51
2.3.1	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA FERTIRRIGACIÓN.....	56
2.3.2	FERTILIZANTES APROPIADOS PARA LA FERTILIZACIÓN	57
2.3.3	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FERTILIZACIÓN DE UN VIÑEDO ..	59
2.3.4	EL RIEGO: NECESIDADES DE AGUA DE LA VID	61
2.3.5	EL SUELO.....	67
2.4	BALANCE MINERAL	75

2.5	DIAGNÓSTICO DEL VIÑEDO	76
2.6	ANÁLISIS FOLIAR	78
2.7	NIVEL O CONCENTRACIÓN CRÍTICA	84
2.8	RANGOS DE SUFICIENCIA	85
2.9	MÉTODO DRIS	86
2.9.1	SISTEMA INTEGRAL DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES MODIFICADO (M-DRIS)	93
2.9.2	DIAGNÓSTICO DE LA COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES (CND)	94
2.9.3	INTERPRETACIÓN DEL TIPO DE EXPRESIÓN DE LOS ANALISIS FOLIARES.....	95
2.9.4	GENERACIÓN DEL BANCO DE DATOS	96
2.9.5	FORMAS DE EXPRESIÓN DE LA NORMAS.....	97
2.9.6	VÍAS DE DESARROLLO DE LAS NORMAS DE DIAGNÓSTICO	99
2.9.7	EFFECTO DE DIFERENTES VARIABLES SOBRE LAS NORMAS DRIS ...	101
2.9.8	EL DIAGNOSTICO EN EL SISTEMA DRIS	103
2.9.9	VENTAJAS DEL SISTEMA DRIS	107
2.10	EFFECTO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL SOBRE LA CALIDAD DEL MOSTO 108	
3	DISEÑO EXPERIMENTAL Y PLAN DE TRABAJO.....	114
3.1	MARCO DE ESTUDIO	118
3.2	BODEGA Y VIÑEDOS MUSTIGUILLO	118
3.3	BODEGA VERA DE ESTENAS	120
3.4	VIÑEDOS Y BODEGA VEGALFARO.....	125
3.5	BODEGA DOMINIO DE LA VEGA.....	128
3.6	PLAN DE TRABAJO	130
3.7	MATERIAL VEGETAL	131
3.7.1	BOBAL	131
3.7.2	CABERNET SAUVIGNON	131
3.7.3	CHARDONNAY	133
3.7.4	MERLOT	133
3.7.5	TEMPRANILLO.....	134
3.7.6	PATRONES ESTUDIADOS.....	135
3.7.7	41 B DE MILLARDET (CHASSELAS X BERLANDIERI)	135
3.7.8	RICHTER 110 (BERLANDIERI X RUPESTRIS).	136
3.7.9	SO4 (RIPARIA X BERLANDIERI)	137
3.7.10	161-49 COURDEC	137
3.8	DETERMINACIÓN ANALÍTICA DEL MATERIAL VEGETAL	138
3.8.1	TOMA DE MUESTRAS.....	138

3.8.2	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO.	140
3.8.3	PREPARACIÓN DEL EXTRACTO GENERAL DE LA MUESTRA.....	145
3.8.4	DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO	145
3.8.5	DETERMINACIÓN DEL FÓSFORO.....	145
3.8.6	DETERMINACIÓN DEL K, CA, CU, MN, MG, FE Y ZN.....	147
3.8.7	ANÁLISIS EN UVAS	150
3.8.8	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	160
4	MATERIALES Y MÉTODOS	164
4.1	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EMPLEADOS.....	164
5	RESULTADOS Y DISCUSION	175
5.1	RESULTADOS NORMAS DRIS VIÑEDO	209
5.1.1	EJEMPLOS DE CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DEL MÉTODO DRIS PARA LA VARIEDAD BOBAL EN FUNCIÓN DE LOS DISTINTOS PATRONES..	214
5.1.2	TABLAS DE RESULTADOS POR EN FUNCIÓN DE LA COMBINACIÓN VARIEDAD /PATRÓN	241
5.2	EFFECTO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL SOBRE LA CALIDAD DEL MOSTO 263	
5.3	CORRELACIÓN ENTRE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES Y LOS PARÁMETROS DE APTITUD ENOLÓGICA	270
5.4	CONCLUSIONES.....	275
6	BIBLIOGRAFÍA	277

Listado de Tablas

TABLA 2.1 NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS	15
TABLA 2.2. PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS SUPERIORES	23
TABLA 2.3 NIVELES CRÍTICOS DE NUTRIENTES EN HOJAS DE VIÑA DE VINIFICACIÓN.....	82
TABLA 2.4 CONTENIDOS MÁXIMOS DE MACROELEMENTOS ADMISIBLES EN HOJAS DE VID,.....	83
TABLA 2.5 UVA DE VINIFICACIÓN	83
TABLA 2.6 REGLAMENTO TÉCNICO ESPECÍFICO DE PRODUCCIÓN INTEGRADA DE VIÑEDO	84
TABLA 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA MUSTIGUILLO	120
TABLA 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA VERA DE ESTENAS.....	124
TABLA 3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA VEGALFARO .	127
TABLA 3.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA DOMINIO DE LA VEGA	130
TABLA 3.5. FECHAS DE MUESTREO PARA CADA AÑO	130
TABLA 3.6 LONGITUDES DE ONDA Y DILUCIÓN POR CONCENTRACIÓN.....	148
TABLA 4.1: INTERPRETACIÓN DEL IBN EN EL DRIS Y M-DRIS.....	172
TABLA 5.1 RESULTADO DE LA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES PARA LAS VARIETADES. SE MUESTRAN LAS MEDIAS.....	177
TABLA 5.2 RESULTADO DE LA PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES PARA LOS PATRONES. SE MUESTRAN LAS MEDIAS.	178
TABLA 5.3. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE VARIANZAS ENTRE LOS PATRONES DE CADA VARIEDAD.	179
TABLA 5.4. SE MUESTRAN AQUELLOS NUTRIENTES RESPECTOS A LOS CUALES CADA PAREJA DE PATRONES DIFIERE.	180
TABLA 5.5 RESUMEN ESTADISTICO BASICO BOBAL 110-R	184
TABLA 5.6 RANGOS DE NORMALIDAD PARA BOBAL/110R	184
TABLA 5.7 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD BOBAL 41- B, PARA CADA NUTRIENTE	186
TABLA 5.8 RESUMEN ESTADISTICO BASICO BOBAL 41- B.....	187
TABLA 5.9 RANGOS DE NORMALIDAD BOBAL/41B	187

TABLA 5.10 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD BOBAL 161-B, PARA CADA NUTRIENTE	188
TABLA 5.11 RESUMEN ESTADISTICO BOBAL 161-B	189
TABLA 5.12 RANGOS DE NORMALIDAD BOBAL 161-B	189
TABLA 5.13 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD CABERNET SAUVIGNON 110-R, PARA CADA NUTRIENTE	190
TABLA 5.14 RESUMEN ESTADISTICO CABERNET SAUVIGNON 110-R	191
TABLA 5.15 RANGOS DE NORMALIDAD CABERNET SAUVIGNON 110-R	191
TABLA 5.16ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD CABERNET SAUVIGNON 161-B, PARA CADA NUTRIENTE	192
TABLA 5.17 RESUMEN ESTADISTICO CABERNET SAUVIGNON 161-49C	193
TABLA 5.18 RANGOS DE NORMALIDAD CABERNET SAUVIGNON 161-49C	193
TABLA 5.19 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD CABERNET SAUVIGNON SO4, PARA CADA NUTRIENTE	194
TABLA 5.20 RESUMEN ESTADISTICO CABERNET SAUVIGNON SO4	195
TABLA 5.21 RANGOS DE NORMALIDAD CABERNET SAUVIGNON SO4	195
TABLA 5.22 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD CHARDONNAY 110-R, PARA CADA NUTRIENTE	197
TABLA 5.23 RESUMEN ESTADISTICO CHARDONNAY 110-R.....	198
TABLA 5.24 RANGOS DE NORMALIDAD CHARDONNAY 110-R	198
TABLA 5.25 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD MERLOT 110-R, PARA CADA NUTRIENTE	199
TABLA 5.26 RESUMEN ESTADÍSTICO MERLOT 110 R.....	200
TABLA 5.27 RANGOS DE NORMALIDAD MERLOT 110-R.....	200
TABLA 5.28 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD MERLOT SO4, PARA CADA NUTRIENTE	201
TABLA 5.29 RESUMEN ESTADISTICO MERLOT SO4	202
TABLA 5.30 RANGOS DE NORMALIDAD MERLOT SO4.....	202
TABLA 5.31 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD TEMPRANILLO 110-R, PARA CADA NUTRIENTE	203
TABLA 5.32 RESUMEN ESTADISTICO TEMPRANILLO 110-R	204
TABLA 5.33 RANGOS DE NORMALIDAD TEMPRANILLO 110-R	204
TABLA 5.34 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD TEMPRANILLO 161-49C, PARA CADA NUTRIENTE	206
TABLA 5.35 RESUMEN ESTADISTICO TEMPRANILLO 161-49C	207
TABLA 5.36RANGOS DE NORMALIDAD TEMPRANILLO 161-49C	207
TABLA 5.37 COMBINACIONES VARIEDAD PATRÓN ESTUDIADAS BAJO NORMAS DRIS.....	213
TABLA 5.38: VALORES DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR EN BOBAL/110R	214

TABLA 5.39 VALORES DE LAS RELACIONES DE LA PARCELA DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR EN BOBAL/110R	214
TABLA 5.40 CÁLCULO DE LAS FUNCIONES DE LOS MACROELEMENTOS EN BOBAL/110R	215
TABLA 5.41 CÁLCULO DE LAS FUNCIONES DE LAS RELACIONES DE LOS MACROELEMENTOS EN BOBAL/110R.....	215
TABLA 5.42 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES N, P Y K EN BOBAL/110R	217
TABLA 5.43 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CA Y MG EN BOBAL/110R	218
TABLA 5.44 CÁLCULO DEL IBN Y DEL IBN MEDIO EN BOBAL/110R	218
TABLA 5.45 INTERPRETACIÓN DEL IBN Y DEL IBN MEDIO EN BOBAL/110R	219
TABLA 5.46 INTERPRETACIÓN DE CADA ÍNDICE EN FUNCIÓN DEL IBN Y DEL IBN MEDIO.....	219
TABLA 5.47 CÁLCULO DEL RESTO R EN BOBAL/110R	220
TABLA 5.48 CÁLCULO DE G.....	220
TABLA 5.49 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES CND, PASO 1 EN BOBAL/110R.....	220
TABLA 5.50 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES CND, PASO 2 EN BOBAL/110R.....	221
TABLA 5.51 INTERPRETACIÓN DE CADA ÍNDICE CND MEDIANTE UN NUTRIGRAMA EN BOBAL/110R	221
TABLA 5.52: VALORES DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR EN BOBAL/41B	222
TABLA 5.53: VALORES DE LAS RELACIONES DE LA PARCELA DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR EN BOBAL/41B	222
TABLA 5.54: CÁLCULO DE LAS FUNCIONES DE LOS MACROELEMENTOS EN BOBAL/41B	223
TABLA 5.55: CÁLCULO DE LAS FUNCIONES DE LAS RELACIONES DE LOS MACROELEMENTOS EN BOBAL/41B.....	224
TABLA 5.56: CÁLCULO DE LOS ÍNDICES N, P Y K EN BOBAL/41B	225
TABLA 5.57 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CA Y MG EN BOBAL/41B	226
TABLA 5.58: CÁLCULO DEL IBN Y DEL IBN MEDIO EN BOBAL/41B	227
TABLA 5.59: INTERPRETACIÓN DEL IBN Y DEL IBN MEDIO EN BOBAL/41B	227
TABLA 5.60: INTERPRETACIÓN DE CADA ÍNDICE EN FUNCIÓN DEL IBN Y DEL IBN MEDIO BOBAL/41B	227
TABLA 5.61: CÁLCULO DEL RESTO R EN BOBAL/41B	228
TABLA 5.62: CÁLCULO DE G.....	228
TABLA 5.63: CÁLCULO DE LOS ÍNDICES CND, PASO 1 EN BOBAL/41B.....	229
TABLA 5.64: CÁLCULO DE LOS ÍNDICES CND, PASO 1 EN BOBAL/41B.....	229
TABLA 5.65: INTERPRETACIÓN DE CADA ÍNDICE CND MEDIANTE UN NUTRIGRAMA EN BOBAL/41B	230
TABLA 5.66 : VALORES DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR	230

TABLA 5.67: VALORES DE LAS RELACIONES DE LA PARCELA DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR	231
TABLA 5.68: VALORES DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR	231
TABLA 5.69: VALORES DE LAS RELACIONES DE LA PARCELA DEL ANÁLISIS A INTERPRETAR	231
TABLA 5.70: CÁLCULO DE LAS FUNCIONES DE LOS MACROELEMENTOS	232
TABLA 5.71: CÁLCULO DE LAS FUNCIONES DE LAS RELACIONES DE LOS MACROELEMENTOS.....	233
TABLA 5.72: CÁLCULO DE LOS ÍNDICES N, P Y K	234
TABLA 5.73: CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CA Y MG	235
TABLA 5.74: INTERPRETACIÓN DEL IBN Y DEL IBN MEDIO	236
TABLA 5.75: INTERPRETACIÓN DE CADA ÍNDICE EN FUNCIÓN DEL IBN Y DEL IBN MEDIO.....	236
TABLA 5.76: CÁLCULO DEL RESTO R	237
TABLA 5.77: CÁLCULO DE G.....	237
TABLA 5.78: CÁLCULO DE LOS ÍNDICES CND, PASO 1.....	238
TABLA 5.79: CÁLCULO DE LOS ÍNDICES CND, PASO 2.....	239
TABLA 5.80: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA BOBAL/110R.....	241
TABLA 5.81: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA BOBAL/110R	241
TABLA 5.82: NORMAS CND PARA BOBAL/110R	242
TABLA 5.83: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA BOBAL /161-49C	243
TABLA 5.84: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA BOBAL /161-49C	243
TABLA 5.85: NORMAS CND PARA BOBAL /161-49C	244
TABLA 5.86: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA BOBAL/41B.....	245
TABLA 5.87: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA BOBAL/41B	245
TABLA 5.88: NORMAS CND PARA BOBAL/41B	246
TABLA 5.89: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA C SAUVIGNON/110R	247
TABLA 5.90: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA C SAUVIGNON/110R	247
TABLA 5.91: NORMAS CND PARA C SAUVIGNON/110-R.....	248
TABLA 5.92: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA C SAUVIGNON /161-49C	249
TABLA 5.93: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA C SAUVIGNON /161-49C.....	249
TABLA 5.94: NORMAS CND PARA C SAUVIGNON /161-49C	250
TABLA 5.95: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA C SAUVIGNON/SO4	251

TABLA 5.96: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA C SAUVIGNON/SO4.....	251
TABLA 5.97: NORMAS CND PARA C SAUVIGNON/SO4.....	252
TABLA 5.98: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA CHARDONNAY/110R.....	253
TABLA 5.99: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA CHARDONNAY/110R.....	253
TABLA 5.100: NORMAS CND PARA CHARDONNAY/110R.....	254
TABLA 5.101: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA MERLOT SOBRE 110R.....	255
TABLA 5.102: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA MERLOT/110R.....	255
TABLA 5.103: NORMAS CND PARA MERLOT/110R.....	256
TABLA 5.104: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA MERLOT/SO4.....	257
TABLA 5.105: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA MERLOT/SO4.....	257
TABLA 5.106: NORMAS CND PARA MERLOT/SO4.....	258
TABLA 5.107: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA TEMPRANILLO/110R.....	259
TABLA 5.108: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA TEMPRANILLO/ 110R.....	259
TABLA 5.109: NORMAS CND PARA TEMPRANILLO/110R.....	260
TABLA 5.110: NORMAS DRIS Y MDRIS PARA TEMPRANILLO/161-49C.....	261
TABLA 5.111: RANGOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL IBN-DRIS PARA TEMPRANILLO/161-49C.....	261
TABLA 5.112: NORMAS CND PARA TEMPRANILLO/161-49C.....	262
TABLA 5.113 CONCENTRACIONES MEDIAS DE NUTRIENTES, DE LAS DISTINTAS VARIETADES.....	264
TABLA 5.114 CONCENTRACIONES MEDIAS DE NUTRIENTES, DE LOS DISTINTOS PATRONES.....	264
TABLA 5.115 CONCENTRACIONES MEDIAS DE NUTRIENTES, DE LA VARIEDAD BOBAL POR PATRÓN.....	264
TABLA 5.116 CONCENTRACIONES MEDIAS DE NUTRIENTES, DE LA VARIEDAD C.SAUVIGNON POR PATRÓN.....	265
TABLA 5.117 CONCENTRACIONES MEDIAS DE NUTRIENTES, DE LA VARIEDAD MERLOT POR PATRÓN.....	265
TABLA 5.118 CONCENTRACIONES MEDIAS DE NUTRIENTES, DE LA VARIEDAD TEMPRANILLO POR PATRÓN.....	265
TABLA 5.119 CONCENTRACIONES MEDIAS DE NUTRIENTES, DE LA VARIEDAD CHARDONNAY POR PATRÓN.....	265
TABLA 5.120 RESULTADOS DE LA ANOVA PARA CADA FACTOR.....	266
TABLA 5.121 PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES PARA LAS VARIETADES.....	269

TABLA 5.122 PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES PARA LOS PATRONES	269
TABLA 5.123 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA VARIEDAD TEMPRANILLO	271
TABLA 5.124 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA VARIEDAD BOBAL.....	271
TABLA 5.125 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA VARIEDAD CABERNET SAUVIGNON	271
TABLA 5.126 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA VARIEDAD MERLOT	271
TABLA 5.127 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA VARIEDAD CHARDONNAY	272
TABLA 5.128 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN TEMPRANILLO/161-49C.....	272
TABLA 5.129 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN TEMPRANILLO/110-R.....	273
TABLA 5.130 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN BOBAL/161-49C	273
TABLA 5.131 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN CABERNET SAUVIGNON/161-49C.....	273
TABLA 5.132 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN CABERNET SAUVIGNON/SO4	274
TABLA 5.133 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN CABERNET SAUVIGNON/110-R.....	274
TABLA 5.134 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN MERLOT/110-R	274
TABLA 5.135 ESTUDIO DE LAS CORRELACIONES EN LA COMBINACIÓN MERLOT/SO4	274

Listado de Figuras

FIGURA 2.1 COMPOSICIÓN ELEMENTAL PROMEDIO DE LAS PLANTAS.....	19
FIGURA 2.2 TASA ESTACIONAL DE CONSUMO DE MACROELEMENTOS EN VID...32	
FIGURA 2.3 DISTRIBUCIÓN DE SALES EN UN VOLUMEN DE SUELO HÚMEDO DEBAJO DEL EMISOR.....	73
FIGURA 2.4. EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO FOLIAR DE N, P, K, CA, MG EN EL CICLO DE LA VID.....	80
FIGURA 3.1 DIAGRAMAS BIOCLIMÁTICOS DE REQUENA Y UTIEL.....	116
FIGURA 3.2 ORTOFOTO DE LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA MUSTIGUILLO.....	119
FIGURA 3.3 ORTOFOTO DE LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA VERA DE ESTENAS.....	124
FIGURA 3.4 ORTOFOTO DE LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA VEGALFARO.....	127
FIGURA 3.5 ORTOFOTO DE LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS DE LA BODEGA DOMINIO DE LA VEGA.....	129
FIGURA 3.6 ENVERO: HOJA OPUESTA AL SEGUNDO RACIMO, CONTADO DESDE LA BASE.....	139
FIGURA 3.7 MUESTRA EN BOLSA DE REJILLA.....	141
FIGURA 3.8 MUESTRAS DE HOJAS EN ESTUFA DE AIRE.....	142
FIGURA 3.9 MUESTRA TRITURADA.....	143
FIGURA 3.10 CALCINACIÓN DE LAS MUESTRAS EN LA MUFLA A 582 °C.....	144
FIGURA 3.11 CRISOLES EN EL DESECADOR.....	144
FIGURA 3.12 CURVAS PATRÓN DE K, CA, CU, MN, MG, FE Y ZN PAR LA ABSORCIÓN ATÓMICA.....	149
FIGURA 3.13 ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO ANALÍTICO DE LAS MUESTRAS DE UVA.....	155
FIGURA 3.14 ESQUEMA GENERAL DEL EXTRACTO A PH 3,2.....	156
FIGURA 3.15 ESQUEMA GENERAL DEL EXTRACTO A PH 1,0.....	157
FIGURA 4.1 PRUEBA DE DISCRIMINACIÓN DE LA VARIANZA.....	167
FIGURA 5.1 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES BOBAL 41- B.....	186
FIGURA 5.2 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES BOBAL 161-B.....	188
FIGURA 5.3 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES CABERNET SAUVIGNON 110-R..	190
FIGURA 5.4 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES CABERNET SAUVIGNON 161-49C	192
FIGURA 5.5 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES CABERNET SAUVIGNON SO4....	194
FIGURA 5.6 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES CHARDONNAY 110-R.....	197
FIGURA 5.7 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES MERLOT 110-R.....	199

FIGURA 5.8 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES MERLOT SO4	201
FIGURA 5.9 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES TEMPRANILLO 110-R.....	203
FIGURA 5.10 EVOLUCIÓN MACRONUTRIENTES TEMPRANILLO 161-49C.....	206
FIGURA 5.11 INTERPRETACIÓN DE CADA ÍNDICE MEDIANTE UN NUTRIGRAMA	240



1 INTRODUCCIÓN

1.1 LA D.O. UTIEL-REQUENA

La Denominación de Origen Utiel-Requena está situada en el interior de la provincia de Valencia, a 70 km. del mar Mediterráneo, con una altitud ascendente que va desde los 700 a los 900 metros en su parte más elevada. Formada por una superficie de 37.000 hectáreas, supone el viñedo más extenso y homogéneo de la Comunidad Valenciana. Engloba nueve municipios del interior de la provincia de Valencia: Caudete de las Fuentes, Camporrobles, Fuenterrobles, Requena, Siete Aguas, Sinarcas, Utiel, Venta del Moro y Villargordo del Cabriel, con un total de 110 bodegas acogidas a la denominación.

La zona que incluye la Denominación de Origen Utiel-Requena está situada sobre una meseta de perímetro circular y unos 45 kilómetros de diámetro, siendo la única llanura del interior de Valencia. Esta pequeña meseta que bascula de NO a SE, es en realidad un apéndice de la gran unidad geomorfológica que constituye la submeseta Castellana Meridional, quedando desgajada de ella por el profundo surco que abre el río Cabriel. Las aguas de esta zona se reparten entre dos cuencas hidrográficas, la del río Magro al Norte y la de la rambla del Caballero, afluente del Cabriel, al Sur.

A diferencia de otras denominaciones de origen, Utiel-Requena goza de una identidad geográfica homogénea y unos rasgos climáticos comunes. Su clima puede ser clasificado de tipo mediterráneo, aunque presenta rasgos de continentalidad que le vienen dados por la altitud y alejamiento del mar, características que la diferencian notablemente del resto de las comarcas de la Comunidad Valenciana. La pluviometría media anual es de 400 litros por m² al año. La temperatura media anual es de 14°C, con una amplitud térmica anual de más de 17°C y una insolación media de 2700 horas de sol al año. Esta ancha franja térmica da por sí sola

los rasgos de continentalidad característicos del clima de la zona. Los suelos son en general de textura franca y con caliza abundante.

La DO Utiel-Requena es una región mayoritariamente de vinos tintos, de hecho, un 94,27 % de la superficie del viñedo está cultivada de variedades tintas. Las variedades blancas representan, en consecuencia, un 5,73 % del viñedo.

Las variedades de uva protegidas por esta Denominación de Origen son:

- *Tintas:* Bobal (autéctona), Tempranillo o Cencibel, Garnacha, Garnacha tintorera, Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah, Pinot Noir, Petit Verdot y Cabernet Franc.
- *Blancas:* Macabeo, Merseguera, Planta Nova o Tardana (autéctona), Chardonnay, Sauvignon Blanc, Parellada, Verdejo y Moscatel de grano menudo.

De ellas, la variedad Bobal, también conocida como Tinto de requena, Requení, Provechon o Carignan Espagnol, es la más extendida, ya que supone un 75% de la superficie de viñedo inscrito. El clima y el suelo que necesita esta variedad se adaptan perfectamente a los de la zona, presentando todas las características de una cepa autóctona. Su cultivo está muy poco extendido en otras zonas de España, encontrándose pequeñas plantaciones en Manchuela, Ribera del Guadiana, Alicante, Murcia y, en otros países es poco conocida, aunque existen algunas plantaciones en el sur de Francia en el Rosellón y algunas viñas en Cerdeña (Italia). La variedad Tempranillo es la segunda en importancia en la Denominación y supone un 12 % aproximadamente del cultivo total.

El cultivo en Utiel-Requena de otras variedades tanto tintas como blancas con buenas aptitudes vitícolas y enológicas ha dado lugar a una diversificación que complementa la tipicidad de la DOP. Así es

también reseñable la calidad y diversidad de los vinos blancos, espumosos y cavas producidos en esta DOP.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO VITIVINÍCOLA

Una buena noticia para todo el que se aproxime al sector del vino, es que el consumo mundial de vino se está incrementando paulatinamente año tras año, aunque a velocidad muy lenta. Pero es interesante destacar que este crecimiento se produce en el comercio mundial de vino, pero en cambio en los países productores el consumo decrece, mientras que demandan más vino quienes no producen y, por lo tanto necesitan importarlo. Ese comercio internacional de vino, fruto de la creciente globalización de costumbres y la aproximación del mundo anglosajón al vino, es el tipo de consumo que crece. Aunque todavía países como Francia, Italia o España sean los grandes consumidores de vino en el mundo, la tendencia en todos ellos ha sido a disminuir, aunque esta disminución se ha compensado con el crecimiento experimentado en otros países.

Los mercados de los grandes países productores como España, se van haciendo cada día más pequeños, mientras que las grandes oportunidades de crecimiento se encuentran en los mercados de importación. Y si esta situación es la que muestran diversas estadísticas, una primera idea de carácter estratégico puede irse abriendo paso: los mercados en crecimiento son diferentes de los que tradicionalmente hemos conocido en casa. Y si es diferente la mentalidad, los planteamientos y las formas, los recursos para afrontarlos deberán ser también diferentes. Algo debe cambiar en nuestras formas de actuación, para afrontar retos comerciales distintos a los tradicionales.

En definitiva, se puede deducir que hay varios países productores, que producen mucho vino, con tendencia a generar excedentes, que

imponen una creciente presión sobre los precios, con crecimientos muy importantes de nuevos competidores, entrando sobre todo en países anglosajones, nórdicos y asiáticos, no productores de vinos. Todo esto obliga a cualquier bodega española o mundial a plantearse con mucho cuidado cuáles son sus mercados objetivos y cuáles pueden sus líneas comerciales de mayor crecimiento potencial, en función de su propia capacidad competitiva.

España es uno de los principales jugadores en el mercado mundial del vino. Como país, España está en la primera división mundial del vino, dentro del grupo de los productores tradicionales, grandes exportadores, pero con un consumo nacional decreciente, aunque con un crecimiento notable de las exportaciones, superior incluso al de nuestros principales competidores. Por todo ello, España es un actor principal en un mercado que crece a nivel mundial.

El carácter agrario del sector del vino en España, como en el resto de los países europeos productores, ha influido de forma determinante sobre una política y estrategia más centradas en la producción del vino que en su venta. Ésta, según muchos analistas, es la gran diferencia entre muchos productores europeos y la mentalidad competitiva de los nuevos productores. Afortunadamente esta visión tradicional está cambiando de forma vertiginosa en España.

El convencimiento de que el vino hay que venderlo, y en gran medida hay que venderlo fuera de nuestras fronteras, donde la competencia es más dura, con notable éxito reciente y más preocupado por satisfacer las necesidades del consumidor, está provocando un renovado impulso en el sector comercializador español. Un impulso donde empieza a cobrar importancia, además de la calidad del vino, el marketing, los departamentos comerciales, la preocupación por internacionalizarse y un renovado esfuerzo inversor en la distribución del producto. En definitiva, cabe destacar que el reto como país productor, y para las bodegas que aspiran a

seguir creciendo a título individual, está en adaptarse a las nuevas exigencias del mercado.

Para ello, el completo conocimiento del proceso productivo, tanto de la fase de producción de uva en campo, como de la elaboración de vino en bodega, se convierte en un factor fundamental y de gran importancia, sobre el que habría que actuar para conseguir la máxima calidad de los vinos elaborados. La aplicación de la metodología del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación, conocido como DRIS por sus siglas en inglés (Diagnosis and Recommendation Integrated System), nos permitiría conocer el balance nutricional de la planta comparándolo respecto a una población de referencia, caracterizada por unos estándares de calidad elevados. Además dispondríamos de la información necesaria para poder actuar en campo con la capacidad de corregir las posibles carencias o deficiencias nutricionales, incrementándose finalmente la calidad enológica de la vendimia. Entender la relación entre el estado nutricional del viñedo y la calidad del mosto sería, sin lugar a dudas una herramienta de gran valor, la cual nos permitiría poder conocer ya desde el viñedo cuales serían las características del mencionado mosto y por lo tanto del futuro vino elaborado. Por lo tanto, el establecimiento de una población de referencia con capacidad de producir uvas de elevada calidad enológica, junto con el conocimiento de la relación entre el balance nutricional y la calidad del mosto sería una herramienta de indudable utilidad para poder elaborar el tipo de vinos adaptados a las nuevas exigencias del mercado actual.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO Y OBJETIVOS

La Ley de Restitución enunciada por Liebig en 1840 establece el principio de que es necesario devolver al suelo los nutrientes extraídos por los cultivos, además se propone la Ley del Mínimo, que señala que el crecimiento de la planta está en función del nutriente que se encuentra en, relativamente, menor cantidad.

Posteriormente Blackman en 1905, propuso la Ley de los Factores Limitantes en la que el factor limitante impone un límite en el crecimiento, de forma que los demás factores no tienen efecto. El rendimiento o el crecimiento es función de ese factor por debajo de ese valor limitante. Superado el nivel, otro factor actuará como limitante y lo mismo ocurrirá si éste supera el nivel limitante.

La gran preocupación de los investigadores de la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX es acerca de la identificación de la naturaleza de los elementos químicos necesarios para la vida, desarrollándose técnicas analíticas que permiten determinar con gran precisión los elementos mencionados. En 1939 Arnon propone los criterios de esencialidad y comienza entonces la tarea de determinar la esencialidad o no de los diferentes elementos químicos presentes en el material vegetal. Resultado de estos estudios es la aceptación, prácticamente universal, de la esencialidad de dieciséis elementos químicos para las plantas superiores, y la de otros cuatro más para determinadas plantas.

A partir de los años veinte del siglo pasado, la inquietud de los investigadores se dirige hacia el control de la nutrición. No se trata ya de conocer los elementos esenciales y sus efectos en situaciones de deficiencia, sino de estudiar el aspecto cuantitativo de la presencia de los nutrientes en la planta. Aparecen así los estudios que, de una forma global, se encaminan hacia la interpretación de los valores que aporta el análisis químico mineral de los vegetales.

La práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego se llama fertirrigación. La fertirrigación es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos, al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes. La fertirrigación permite al agricultor seleccionar y utilizar fertilizantes de la calidad más conveniente para el suelo, la fuente de agua de

riego, el cultivo y las condiciones climáticas, y así producir cosechas de alta calidad y, al mismo tiempo, prevenir la contaminación ambiental. En la fertirrigación, el momento, las cantidades y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados.

Para planificar una correcta fertilización que permita obtener un mosto de calidad, es necesario conocer el nivel deseable de cada nutriente en tejidos representativos del estado nutricional de la planta. Una vez establecido el óptimo, se podrá definir el exceso o la deficiencia de cada uno de ellos y, a partir de ahí, controlar la nutrición mediante diagnóstico de los tejidos elegidos.

Para ello es necesaria la realización del análisis foliar. El fundamento del análisis foliar descansa en que la producción de las plantas depende de la concentración de los nutrientes en los tejidos en determinadas épocas del año, valorándose en la interpretación la interacción de los nutrientes que determinan el balance global. La relación entre productividad y estado nutricional de la planta se cumple cuando todos los factores de la producción se encuentran en un nivel adecuado o próximo a la normalidad.

La relación entre el contenido del órgano analizado y el rendimiento y la calidad de la vendimia son indispensables para establecer el contenido óptimo (válidos para una variedad dada en un medio dado y un tejido concreto), y constituyen las bases sobre las cuales se podrá aplicar un diagnóstico nutricional con garantías. Sin embargo, numerosos autores han constatado las dificultades para establecer relaciones entre estos parámetros y el contenido de nutrientes del material foliar debido a que rendimiento y calidad dependen de muchas variables diferentes: material vegetal, prácticas culturales, variaciones climáticas,... y su relación no se ha establecido aun claramente. Así, una aproximación práctica para evitar al menos parcialmente, podría ser la utilización del método de encuesta o “carta nutricional”. De este modo se evita la limitación de los ensayos de campo, respecto a su representatividad, y se recoge un

mayor rango de fuentes de variación proveniente de una base de datos amplia que, si se tratan correctamente mediante métodos estadísticos apropiados proporcionará más información.

El método de la “Carta nutricional” se ha utilizado para calcular referencias y representa el estudio completo de una zona, dividiéndola en subzonas homogéneas por condiciones agronómicas análogas y tomando como base la relación planta-suelo. Sin embargo, esta metodología tiene sus limitaciones. Por una parte, la encuesta permite trabajar a escala regional con un gran número de variables, pero por otra parte, el número de parámetros es incontrolable y se corre el riesgo de muestreos sesgados que alteren la representatividad. La encuesta tan solo sitúa el nivel de un elemento dentro de una población de la zona y las referencias obtenidas deben ser oportunamente ajustadas, y deberán considerarse provisionales hasta una verificación experimental más esmerada, no siendo extrapolables a otras regiones vitícolas.

Por otra parte, el diagnóstico a partir de la comparación con referencias (valores críticos o concentración crítica), los cuales se definen como aquella concentración de un nutriente en el tejido justo por debajo del nivel de crecimiento óptimo, que generalmente se asocia con una disminución del 5-10% del crecimiento o rendimiento máximo, requiere que el tejido a analizar esté en el mismo estadio fenológico que el de la referencia con la que se va a comparar, ya que el contenido en nutrientes puede variar ampliamente a lo largo del ciclo de cultivo. Además, una tabla de referencia adecuada deberá ajustarse a periodos del ciclo de cultivo donde los niveles de nutrientes permanezcan lo más estables posibles durante cierto periodo de tiempo para poder dar un rango de suficiencia lo más estrecho posible, de modo que se aumente la precisión en el diagnóstico, y que dicho rango de suficiencia sea válido para un periodo relativamente amplio. El rango de suficiencia se define como un intervalo óptimo de concentraciones, donde dentro de este rango el suministro de nutrientes sería

adecuado. Cuando el nivel de nutriente en la planta está por debajo de ese rango probablemente ocurre deficiencia del mismo, mientras que si está por encima probablemente ocurre intoxicación. El rango de suficiencia de concentraciones permite un manejo más flexible de los datos.

Estos valores mínimos tienen fuertes limitaciones que restringen su uso de forma generalizada, ya que en primer lugar no se dispone de información para los diferentes genotipos, lo que representa un problema no fácil de resolver, porque los valores reportados en la bibliografía no son extrapolables, para todas las variedades y todas las zonas en que estos se producen. Por lo tanto, el valor de la concentración de un solo nutriente tiene poco significado, ya que, se tienen que considerar otros factores, tales como el balance nutricional, las condiciones edáficas y las características genotípicas del cultivo.

Existe información sobre los niveles críticos que es valiosa y de gran utilidad, cuando se usa apropiadamente, ya que puede ser un punto de apoyo en la interpretación de los análisis y puede considerarse como un índice del estado nutrimental de las plantas, al ser comparados con los obtenidos en el análisis, pero sin olvidar nunca que su mayor utilidad dependerá de la información complementaria de que se disponga. Así pues, es evidente la necesidad de obtener mejores estándares de comparación para la mayoría de los cultivos.

En la vid, el material vegetal a analizar no está totalmente unificado. Inicialmente se utilizó la hoja completa (limbo y peciolo) para, posteriormente, analizar el limbo y el peciolo de forma independiente. Más recientemente, se han complementado estos tejidos con análisis de savia obtenida a partir de los peciolos. Por otra parte, cabe añadir la falta de acuerdo en el momento del ciclo más adecuado para el muestreo. En general mientras algunos autores proponen dos estados fenológico fundamentales, fin de floración (cuajado) y envero, otros se decantan por el envero.

Establecer el tejido y el momento fenológico es el paso previo necesario para el diseño de tablas de referencia específicas que permitan realizar diagnósticos nutricionales y planes de fertilización más precisos.

Con el objetivo de hacer frente a las limitaciones que presentan tanto la carta nutricional como el diagnóstico a partir de referencias (niveles críticos y rangos de suficiencia) se desarrolló el método DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación), el cual persigue proporcionar un diagnóstico válido sin considerar la edad de la planta o el tejido, ordenar los nutrientes según el grado de deficiencia y por último acentuar la importancia del balance de nutrientes.

Este sistema consiste en un conjunto de normas de diagnóstico, las cuales representan calibraciones de la composición de los tejidos, la composición del suelo, parámetros ambientales y prácticas de manejo en función del rendimiento de un cultivo en particular.

Una de las bases del DRIS es que emplea fundamentalmente relaciones de nutrientes y no concentraciones de los mismos. Estas relaciones permiten que las variaciones ocasionadas por la edad de la planta tengan menos influencia y, por lo tanto, del momento de muestreo. Este método utiliza para la definición de sus normas una gran base de datos, pero lo más importante es que esos datos no provienen básicamente de ensayos experimentales, sino de cultivos comerciales. En esa gran cantidad de datos, distingue dos poblaciones: una de alto rendimiento y otra de bajo rendimiento. Los datos extraídos de estas dos poblaciones son utilizados para establecer los promedios o normas DRIS, coeficientes de variación, varianzas y desviación estándar.

Comparado con el nivel crítico o con el rango de suficiencia, el DRIS es un método más sensible en identificar necesidades de uno

o más nutrientes para las plantas. Permitiría, además, hacer más extrapolables los datos provenientes de otra región. Beaufigli (1973), presentó el método DRIS como una alternativa al método clásico experimental de campo consistente en comparar el efecto de varios tratamientos, en función de las dificultades y limitaciones que introducen en estos experimentos, la acción de numerosos factores incontrolables y no evaluados, los cuales son meramente incluidos como estimaciones de error experimental.

Por lo tanto, la principal idea de esta metodología estriba en “reproducir las condiciones de campo en un ordenador, es decir, de forma similar a lo que podría hacerse en un laboratorio, de manera tal que se facilite el estudio de la influencia de un gran número de factores condicionantes del rendimiento bajo un conjunto de circunstancias deseadas preseleccionadas”

La necesidad de desarrollar esta metodología DRIS en la zona vitivinícola de la Denominación de Origen Utiel-Requena permitiría: (i) la obtención de una población de referencia caracterizada por presentar una elevada calidad de la vendimia; (ii) la posibilidad de conocer y controlar el estado nutricional de las plantas, lo cual nos permitiría actuar sobre aquellas poblaciones que no alcancen la calidad mencionada, incrementándola hasta la población de referencia y (iii) establecer correlaciones entre el balance nutricional de las plantas y aquellos parámetros enológicos determinantes de la calidad del mosto y que posteriormente influirán de forma decisiva sobre la calidad de los vinos elaborados en la región. Por lo tanto, el objetivo principal de la presente tesis doctoral es el de desarrollar una metodología útil y válida que permita controlar, conocer y actuar, previamente en campo, sobre el estado nutricional de las plantas para poder asegurar, posteriormente, una elevada calidad tanto de la vendimia, así como, de los vinos con ella elaborados. Realizando la caracterización y evaluación nutricional de cepas de las variedades: Bobal, Tempranillo, Merlot Cabernet Sauvignon, y Chardonnay, en

combinación de los patrones 110-R, 16-49C, 41-B, SO₄ en la D.O Utiel-Requena. Determinando los Rangos de Normalidad, DRIS, MDRIS, IBN y CND, para cada una de las combinaciones variedad/patrón, y el estudio de su influencia en la aptitud enológica.



2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA NUTRICIÓN VEGETAL

El primer investigador que se ocupó de la nutrición mineral de las plantas parece ser que fue Van Helmont, allá por el año 1600. Cultivó un sauce en una maceta a la que sólo añadió agua. Concluyó, erróneamente, que el agua era la causa del aumento de peso y no le dio importancia a la pérdida de peso del suelo. Tampoco, en aquella época, se dio cuenta del importante papel desempeñado por el aire.

Glauber, años más tarde, afirmaba que “el principio de vegetación” era el nitrógeno y Woodward, en la misma época, concluía que los vegetales se forman de “cierta sustancia térrea particular”.

Más tarde, en 1804, De Saussure empleó soluciones minerales o agua destilada, iniciando así la experimentación cuantitativa. El resultado de la misma fue ya la importante conclusión de que la alimentación de las plantas era de naturaleza mineral, resaltando el espectacular efecto de los nitratos y diferenciando claramente la fotosíntesis de la nutrición mineral.

Las primeras leyes sobre nutrición mineral las enunció Liebig en 1840; la Ley de Restitución, que establece el principio de que es necesario devolver al suelo los nutrientes extraídos por los cultivos, y la Ley del Mínimo, que señala que el crecimiento de la planta está en función del nutriente que se encuentra en, relativamente, menor cantidad.

Mitscherlich, en 1909, dio forma matemática a la ley del Mínimo. La ecuación correspondiente deriva de la idea de que el incremento de rendimiento, debido a cada unidad del factor, es directamente proporcional a lo que le falta para alcanzar el rendimiento máximo. Otra forma de la Ley del Mínimo la enunció Blackman en 1905 y le dio el nombre de Ley de los Factores Limitantes. El factor limitante impone un límite en el crecimiento, de forma que los demás factores

no tienen efecto. El rendimiento o el crecimiento es función de ese factor por debajo de ese valor limitante. Superado el nivel, otro factor actuará como limitante y lo mismo ocurrirá si éste supera el nivel limitante.

La gran preocupación de los investigadores de la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX es acerca de la identificación de la naturaleza de los elementos químicos necesarios para la vida, desarrollándose técnicas analíticas que permiten determinar con gran precisión los elementos mencionados.

La presencia de un elemento en la planta no es argumento de su esencialidad. Aparecen así, los criterios de esencialidad de ARNON (1939), que son los siguientes:

1. La deficiencia del elemento hace imposible que la planta complete su ciclo vital.
2. La deficiencia es específica para el elemento en cuestión, es decir, no puede ser totalmente sustituido por otro.
3. El elemento está directamente involucrado en la nutrición de la planta, bien como un constituyente de un compuesto esencial, o necesario para la acción de un sistema enzimático.

Comienza, entonces, la tarea de determinar la esencialidad o no de los diferentes elementos químicos presentes en el material vegetal. Resultado de estos estudios es la aceptación, prácticamente universal, de la esencialidad de dieciséis elementos químicos para las plantas superiores, y la de otros cuatro más para determinadas plantas (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Nutrientes esenciales para las plantas

NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS			
PARA TODAS		PARA ALGUNAS	
En cantidades relativamente grandes		En cantidades relativamente pequeñas	En cantidades relativamente pequeñas
Extraídos por lo general del aire, en forma de CO ₂ , o del agua del suelo	De los sólidos del suelo	De los sólidos del suelo	De los sólidos del suelo
1. Carbono 2. Hidrógeno 3. Oxígeno	4. Nitrógeno 5. Fósforo 6. Potasio 7. Calcio 8. Magnesio 9. Azufre	10. Hierro 11. Manganeseo 12. Boro 13. Molibdeno 14. Cobre 15. Cinc 16. Cloro	17. Sodio 18. Silicio 19. Cobalto 20. Vanadio

Con base a las cantidades que se encuentran en las plantas, los nutrientes vegetales pueden ser divididos en macronutrientes y micronutrientes. Los elementos C, H, O, N, P, K, S, Ca y Mg se encuentran entre los macronutrientes, ya que su concentración en el tejido vegetal seco es mayor de 1000 mg kg⁻¹ (ppm), mientras que los que se encuentran contenidos debajo de 500 mg kg⁻¹ (ppm) son considerados como micronutrientes, como sería el caso de Cl, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Ni. Los anteriores son límites arbitrarios comúnmente aceptados.

A partir de los años veinte del siglo pasado, la inquietud de los investigadores se dirige hacia el control de la nutrición. No se trata ya de conocer los elementos esenciales y sus efectos en situaciones de deficiencia, sino de estudiar el aspecto cuantitativo de la presencia de los nutrientes en la planta. Aparecen así los estudios que, de una forma global, se encaminan hacia la interpretación de los valores que proporciona el análisis químico mineral de los vegetales. Se plantea el problema, por ejemplo, de la parte de la planta a analizar y del momento de su ciclo vital, o, complicándolo aún más, la forma del nutriente que debe ser investigado.

Romero-Laibarra et al. (2004) estudiaron el diagnóstico nutricional de la variedad Tempranillo en viñedos de la D.O.Ca. Rioja con el objetivo de determinar el tejido y el momento de muestreo más adecuado para el correcto diagnóstico nutricional. En el estudio realizado se sugiere el envero como momento óptimo de muestreo y se recomienda analizar N, P, K, Mg, Mn y Zn en limbo, Fe y B en peciolo y Ca en cualquiera de ambos tejidos. Además destaca que desde cuatro semanas después del cuajado hasta el final del envero dichos análisis serán comparables con referencias dadas para el envero.

En la vid, el material vegetal a analizar no está totalmente unificado y no existe una regla aceptada como la mejor, además cabe destacar la falta de acuerdo en el momento del ciclo más adecuado para el muestreo. La bibliografía disponible no hace más que constatar la citada falta de criterio: García et al. (2001) analizaron el limbo en envero; García-Escudero et al. (2001) analizaron el limbo y peciolo por separado en los estados de floración y de envero mientras que González-Andrés y Berberana, (2002) analizan peciolos en floración y hoja completa en envero. Failla et al. (1999) sugieren analizar limbo en floración y envero, Ciesielska et al. (2002) utilizan el limbo en floración, Robinson (2005) sugiere analizar los peciolos en floración, mientras que Conradie y Saayman (1989) analizan el peciolo en envero. Por otra parte, Loue, (1990) propone realizar el diagnóstico foliar del peciolo en ambos momentos (García-Escudero et al., 2012).

Ferrer-Talón (2009) detalla los distintos aspectos a tener en cuenta para realizar correctamente el abonado, detallando los abonos que frecuentemente se usan, su solubilidad en el agua de riego, la salinidad de cada uno de los fertilizantes incorporables y otros aspectos de importancia como el nivel corrosivo sobre metales y su peligrosidad. Además, se analizan los efectos de los fertilizantes al disolverse en el agua de riego que hace que las características químicas de éstas se vean alteradas.

Giner et al. (2007) estudiaron la influencia de la fertirrigación potásica mediante la comparación de dos fertilizantes potásicos (nitrato potásico y tiosulfato potásico) en un viñedo de la variedad Merlot localizado en la D.O Utiel-Requena. Los autores observaron los mayores niveles de potasio al final del cultivo, en vendimia, para los tratamientos realizados con tiosulfato potásico, además indican como la absorción de este elemento permanece constante durante los periodos de floración hasta el envero, mientras que del envero al final del ciclo aumenta en los tratamientos con tiosulfato potásico, concluyendo como el abonado con este compuesto permite una mayor absorción de potasio en el periodo de envero a vendimia.

La nutrición o la alimentación consisten en la incorporación de sustancias externas al propio organismo, mediante un proceso, más o menos complejo según los distintos seres, llamado asimilación. En el hombre y en los animales, los alimentos son sustancias sintetizadas por otros organismos, de los que dependen. Se dice que su alimentación es heterótrofa. Las plantas no necesitan de otros seres vivos para alimentarse. Son de nutrición autótrofa. Utilizan compuestos inorgánicos, sencillos que existen en la naturaleza, en el aire y en el suelo, construyendo con ellos su propia materia. Dependen además de la luz, temperatura y humedad, de las condiciones nutritivas del medio. La planta tiene que asegurarse el suministro de anhídrido carbónico del aire y de nutrientes minerales del suelo. Una buena combinación de todos estos factores, a los que se les puede llamar factores de crecimiento, tendrá como resultado un desarrollo normal de la planta.

La incorporación del anhídrido carbónico (CO_2) se realiza mediante el proceso de la fotosíntesis. Este proceso de nutrición se distingue claramente de la nutrición mineral. La entrada del anhídrido carbónico se realiza por las hojas y por los tejidos verdes, en general. El carbono es la materia prima con la que la planta sintetiza

los carbohidratos, estructuras básicas sobre las que se forman otros compuestos.

Interviene como factor fundamental la luz, así como un pigmento llamado clorofila, por lo que el proceso recibe asimismo el nombre de función clorofílica. A la fotosíntesis se debe la mayor parte del incremento de peso de la planta en su crecimiento y necesita de la nutrición mineral, con la que está estrechamente relacionada. Así, por ejemplo, el magnesio forma parte de la clorofila y su deficiencia provoca síntomas visuales de clorosis, o pérdida del color verde y su sustitución por el amarillo.

La incorporación de sustancias minerales al vegetal se verifica por las raíces desde el suelo. No se puede ahora hablar de un simple proceso, sino que están involucrados muchos y la problemática es realmente compleja. En primer lugar hay que pensar en el suelo, su composición y estructura. El suelo se caracteriza por sus propiedades físicas y químicas. Las primeras dependen de su composición granulométrica y del estado de agregación de las partículas, que dan al suelo su peculiar aireación, porosidad, permeabilidad, capacidad de retención de humedad, etc.

Las segundas tienen que ver con el grado de acidez y la composición química de la solución del suelo, ofreciendo a la planta unos condicionamientos determinados de suministro de nutrientes que, a su vez, se hallan en interacción con las propiedades físicas antes mencionadas y con la especie vegetal que se cultiva.

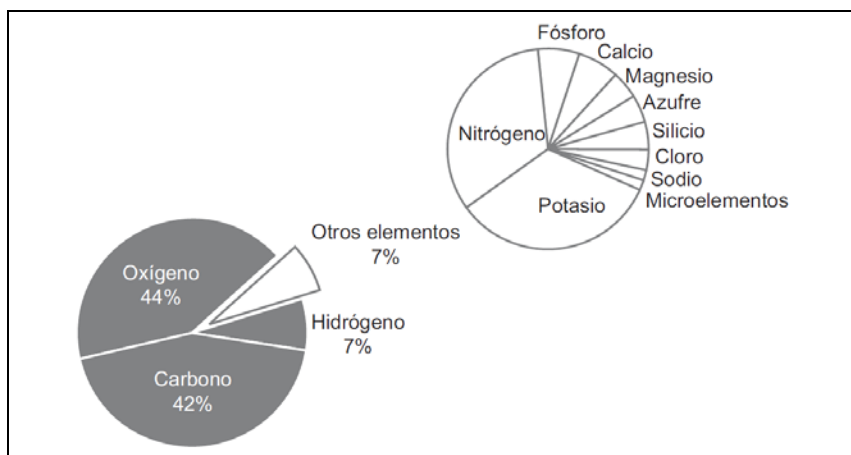


Figura 2.1 Composición elemental promedio de las plantas

La absorción de los nutrientes para su incorporación al vegetal está influenciada, asimismo, por la propia especie vegetal, que determina la superficie radical efectiva y la exploración mayor o menor del suelo.

2.1 LOS ELEMENTOS MINERALES

En las plantas superiores la mayor parte del material vegetal está constituido por agua, la cual alcanza valores del 80-95 %. La sustancia vegetal seca de los cultivos agrícolas está compuesta principalmente por carbono, oxígeno e hidrógeno, elementos organogénicos, los cuales constituyen alrededor del 90-98 % del total, y se encuentran combinados principalmente en los carbohidratos, lípidos y proteínas. Entre el 2-10 % restante representa la composición mineral. En la Figura 2.1 aparece la composición mineral promedio de las plantas.

Las plantas sintetizan sus compuestos metabólicos y estructurales con determinados elementos químicos que se encuentran en el medio que las rodea. El carbono proviene del dióxido de carbono del aire, el cual es incorporado en la materia orgánica a través del proceso de la fotosíntesis, mientras que el hidrógeno de la materia

orgánica proviene del agua, la cual en general es absorbida del suelo y de los medios nutritivos de las raíces, y el oxígeno necesario para la formación del material vegetal es tomado tanto del atmósfera como del agua y de sales como nitratos, sulfatos, fosfatos, boratos y carbonatos. Sin embargo, las plantas no pueden subsistir únicamente abastecidas con aire y agua, pues requieren además de varios elementos minerales como, nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, magnesio, hierro y otros, que generalmente son absorbidos del suelo por las raíces. A pesar de que estos elementos minerales solo se encuentran en concentraciones del 2-10 % del peso seco de las plantas, no dejan por ello de ejercer una influencia vital sobre el crecimiento.

Las diferentes funciones que un mismo elemento puede desempeñar corresponden a uno a más procesos vitales como fotosíntesis, respiración, síntesis de aminoácidos y proteínas, transferencia de los caracteres hereditarios y muchos otros. La Tabla 2.1 muestra las principales funciones de los elementos minerales presentes en las plantas superiores. Los elementos nutritivos ejercen funciones específicas en la vida de las plantas y estas funciones pueden ser clasificadas en tres grandes grupos:

- **Estructural:** el elemento forma parte de la molécula de uno a más compuestos orgánicos, por ejemplo: N: aminoácidos y proteínas; Ca: pectato (sal de ácido poligalacturónico) de la lámina media de la pared celular; Mg: ocupa el centro del núcleo tetrapirrólico de las clorofilas; P: como parte integral de los nucleótidos y de los ácidos nucleicos.
- **Constituyente de enzima:** esta función se trata de un caso particular del primer grupo, ya que se refiere a elementos, generalmente metales o elementos de transición (molibdeno, por ejemplo) que forman parte del grupo prostético de enzimas y que son esenciales en las actividades de las mismas. Este es el caso del Cu, Fe, Mn,

Zn y Ni, quienes participan como cofactores (activadores) de numerosas reacciones enzimáticas.

- **Transporte y regulación osmótica:** él nutriente forma enlaces de baja energía (generalmente iónicas), con moléculas orgánicas de bajo peso molecular, para favorecer su movilidad de un órgano a otro. Se almacena en la vacuola para procesos de osmorregulación. Tal es el caso del potasio que cumple ambas funciones como catión acompañante de los carboxilatos.

Las plantas extraen del suelo cantidades relativamente importantes de los denominados macronutrientes y muy pequeñas de los micronutrientes. La ausencia o déficit de un elemento da lugar a carencias en el desarrollo y producción de la planta, aunque hay situaciones en que el exceso puede producir toxicidades.

2.1.1 NITRÓGENO

El nitrógeno es el principal elemento reactor del desarrollo y crecimiento de la vid. Constituye el eslabón fundamental de su metabolismo, elemento base de la multiplicación celular y del desarrollo de los órganos vegetativos. La absorción de nitrógeno por la cepa pasa por tres fases críticas: la floración, el crecimiento activo de los pámpanos y el engrosamiento rápido de los frutos.

Zapata et al. (2004) estudiando los movimientos de las reservas de N en la vid (*Vitis vinífera* L.) indican que durante el periodo de crecimiento vegetativo la movilización de nitrógeno por parte de la planta puede dividirse en tres fases bien diferenciadas. Una primera fase que va desde el periodo de reposo vegetativo hasta la brotación, en la que se observaron pérdidas significativas de nitrógeno debido a necrosis radicular. Un segundo periodo (salida de las hojas hasta el inicio de la floración) donde ocurre una fuerte movilización de nitrógeno que soporta el crecimiento reproductivo y vegetativo y donde las reservas son obtenidas principalmente de las raíces y por último un tercer periodo (desde el cuajado hasta el inicio del

desarrollo de los frutos) donde el proceso de movilización se reduce y es debido a la absorción de nitrógeno por parte del sistema radicular.



Tabla 2.2. Principales funciones de los nutrientes en las plantas superiores

Nutriente	Principales funciones
Carbono	Principal constituyente de la materia viva y consecuentemente de todas las biomoléculas, carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
Oxígeno	Se encuentra en todas las biomoléculas. Aproximadamente el 90 % del oxígeno consumido en la célula se utiliza en la respiración (fosforilación oxidativa).
Hidrogeno	Está presente en todas la biomoléculas. Es importante en el equilibrio iónico y del pH. Participa en reacciones redox y en el intercambio de energía en la célula.
Nitrógeno	Importante componente de todas las proteínas y ácidos nucleicos. Está presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y en la clorofila entre otros.
Fósforo	Forma parte de los ácidos nucleicos y participa en la síntesis de proteínas. Como constituyente del ATP y muchas coenzimas (NAD, FAD) interviene en todos los procesos metabólicos de transferencia de energía.
Potasio	Es activador o cofactor de más de 50 enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas. Participa en el equilibrio iónico y en la regulación osmótica.
Calcio	Es importante en la división celular y en la estabilidad de la membrana y pared celular. Asociado con proteínas cumple funciones de mensajero secundario.
Magnesio	Participa como cofactor o activador en muchas reacciones enzimáticas. Se asocia a ATP en la transferencia de energía y es componente de la clorofila.
Azufre	Se encuentra presente en muchas proteínas y como el fosforo participa en reacciones de intercambio de energía.
Hierro	Es componente de muchas enzimas y juega un papel importante en la transferencia de electrones (reacciones redox), como en los citocromos, en las cadenas de transporte electrónicos.
Manganeso	Es constituyente de algunas enzimas y activador de descarboxilasas y deshidrogenasas de la respiración. Cataliza la liberación de oxígeno en la fotólisis del agua.
Zinc	Componente esencial y activador de numerosos enzimas. Es necesario para la biosíntesis de la clorofila y ácido indolacético.
Cobre	Componente y activado de muchas enzimas, principalmente de SOD (superóxido dismutasa) y constituyente de la plantocianina.
Boro	Participa en el metabolismo y transporte de carbohidratos y en la síntesis de la pared celular.
Molibdeno	Es importante en la asimilación de nitrógeno como constituyente de la nitrato reductasa y de la nitrogenada
Cloro	Se requiere en fotosíntesis y en la fotólisis del agua. Participa en la división celular
Níquel	Constituyente de la enzima ureasa

La mayor parte de los suelos permiten la alimentación de la vid en nitrógeno a partir de la mineralización de la materia orgánica bajo el efecto del calor y la humedad. Contenidos de 1.5-2 % de materia orgánica son suficientes para la alimentación nitrogenada de la vid.

La falta de nitrógeno trae como consecuencia un raquitismo general de la planta en todos sus órganos, disminución de la clorofila en órganos verdes, corrimiento de las flores por deficiente fecundación y merma de la cosecha.

Se admite que un exceso de nitrógeno da lugar a una vegetación excesiva, con notable mayor peligro para las enfermedades criptogámicas, agravándose la tendencia al corrimiento, retraso del envero y de la maduración con un difícil agostamiento de los pámpanos. La producción de la uva se incrementa en cantidad y tamaño, pero la calidad se ve gravemente comprometida, con un menor contenido de azúcar en el mosto y una mayor facilidad de desgrane y una menor resistencia al transporte.

Keller, (2005) indica como la aplicación de abonado nitrogenado puede incrementar los problemas asociados con la sequía debido a que el exceso de este nutriente en el suelo favorece el desarrollo vegetativo en detrimento del desarrollo radicular. Lo que puede dar lugar a una menor capacidad por parte de la cepa de conseguir el aporte hídrico suficiente para su desarrollo en cosechas posteriores. Sin embargo, debido a que el crecimiento es mucho más sensible a la fotosíntesis respecto a las necesidades de agua y nitrógeno, el déficit hídrico puede ser utilizado junto con la regulación en el aporte de nitrógeno para poder disminuir el vigor de la cepa y por lo tanto incrementar la calidad de la vendimia.

Este elemento no puede ser considerado independientemente de los demás en las necesidades globales del viñedo. Sus niveles pueden aparecer muy diferentes según la cuantía del fósforo y el potasio, no siendo utilizados más que cuando el nivel de nitrógeno en la alimentación es suficiente. Inversamente un exceso de nitrógeno puede dar lugar a una mala utilización de aquellos, haciendo aparecer síntomas de deficiencias de los mismos.

La aplicación de nitrógeno y potasio de forma separada provoca un incremento del rendimiento debido a la aplicación de ambos elementos, aunque cuando nitrógeno y potasio son aplicados de forma conjunta el incremento del rendimiento es mayor que el incremento debido a la aplicación de forma separada de ambos componentes (Brar y Imas, 2009). Además los autores citan como elevados ratios de potasio aplicado en fertilización permite una mayor absorción y utilización de nitrógeno que resulta en un incremento del rendimiento.

Los niveles de nitrógeno tienden a ser altos a principios de la temporada, cercanos al 4%, disminuyendo a lo largo de la fase de crecimiento para llegar aproximadamente a un 2% al inicio de la cosecha (Cook y Kishaba, 1956; Lavín, 1984; Fregoni, 1999). En un comienzo, entre 20 días prefloración y 17 días después de cuajado, el contenido de N disminuye rápidamente (1,6%). Posteriormente, el descenso hacia cosecha es más progresivo (0,5%) (Ulrich, 1978).

2.1.2 FÓSFORO

El fósforo como el nitrógeno es un elemento constitutivo general de los tejidos vegetales aun cuando lo sea en proporción menos importante. Además actúa corrigiendo las carencias de nitrógeno, disminuyendo la sensibilidad al corrimiento y a las enfermedades criptogámicas. Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono, y su papel como transformador y proveedor de energía (ATP y ADT) es indispensable para el metabolismo celular. Es constituyente básico de sus núcleos (ARN) y tanto la multiplicación celular como el crecimiento de los tejidos meristemáticos no se puede producir en caso de insuficiencia de este elemento.

Se ha determinado que una aportación de fósforo regular y equilibrada incrementa paulatinamente su contenido en la madera de poda, haciéndolo igualmente las materias amiláceas, que correlativamente da lugar al aumento de los racimos en las yemas.

El fósforo favorece el desarrollo del sistema radicular, por lo que es indispensable en la instalación de las plantas, la fecundación, la floración y el cuajado de los frutos, así como también la maduración de los mismos, produciéndose eventualmente un aumento de glucosa en los mostos. Es fundamental para la fotosíntesis y para la transformación de los azúcares en almidón y de este en azúcares actuando también en la respiración. Un buen abastecimiento de fósforo permite a las estacas de vid una mejor lignificación y un aumento del enraizamiento.

La deficiencia de fósforo da lugar a una disminución del alargamiento y número de entrenudos en los pámpanos, con una débil fructificación, envero retardado y bayas pequeñas como principales consecuencias. En síntesis se considera al fósforo como un elemento fertilizante que proporciona calidad en tanto que el nitrógeno actúa fundamentalmente sobre la cantidad.

Los contenidos de P disminuyen notoriamente desde 0,5% hasta 0,27%, entre 20 y 10 días antes de floración. Posteriormente, la concentración decrece paulatinamente hasta inicios de la cosecha, manteniendo los niveles cercanos al 0,2%, (Cook y Kishaba, 1956; Smith et al., 1957; Lavín, 1984). Según Christensen, (1984), existe una gran influencia de la variedad en las concentraciones de fósforo, aunque todas las variedades muestran la misma tendencia (Ruíz, et al., 1991).

2.1.3 POTASIO

Cuantitativamente es el catión más importante de la célula vegetal. Se encuentra en proporción elevada en los tejidos vegetales, conociéndose su importante papel en el metabolismo celular y en la elaboración de los azúcares. Interviene en los principales mecanismos fisiológicos, la fotosíntesis, la respiración y la transpiración:

- Participa en la neutralización de los ácidos orgánicos formados, favorece la respiración y activa el crecimiento. Es un factor de vigor y de rendimiento
- Interviene aumentando la fotosíntesis, la migración y la acumulación de azúcares en los frutos. Es por tanto, un factor de calidad. Tiene una gran facultad de desplazamiento a través de las membranas celulares y acompaña a las moléculas orgánicas en su migración desde los lugares de síntesis hasta los lugares de utilización donde se deposita como reservas (bayas y partes vivaces). Sin embargo, una alimentación potásica excesiva. Es un factor determinante de la bajada de acidez de los mostos y de los vinos (Amiri y Fallahi, 2007)
- Facilita el buen reparto de las reservas entre las distintas partes de las plantas. Es por lo tanto también un factor de salud y perennidad.
- Interviene en la apertura y cierre de estomas. Es un factor de resistencia a la sequía. No permite una reducción del consumo sino una mayor eficiencia del agua por una extracción superior y una mejora de la actividad fotosintética.

El potasio favorece el desarrollo general de las cepas; provoca el aumento del tamaño de la hojas; incrementa el diámetro y peso de los sarmientos por unidad de longitud, asegurando un mejor

agostamiento; aumenta el número de racimos aumentando la riqueza azucarada del mosto; favorece una correcta distribución de las reservas en las diferentes partes de la planta, aumentando su longevidad. Se admite que una buena provisión de potasio hace disminuir la sensibilidad de las plantas a las heladas y a ciertas enfermedades criptogámicas, como el mildiu.

La deficiencia de potasio produce una disminución del alargamiento de los entrenudos de los pámpanos, con agostamiento precoz de los sarmientos, la fructificación es deficiente, con bayas poco numerosas, racimos corridos y bayas pequeñas; envero muy tardío y baja graduación azucarada. Las deficiencias se manifiestan a lo largo de dos fases críticas: en julio por la flavescentia y el enrojecimiento mineral y a finales de verano por el pardeado. Estas carencias pueden estar ligadas a una fijación de potasio en el suelo o a un exceso de necesidades, ligado a una carga excesiva. El exceso de absorción de potasio puede, por el contrario, crear una carencia relativa en magnesio.

Las necesidades de potasio en la vid son muy importantes, notablemente en la floración y hasta el envero de las uvas. Es necesario un elevado nivel de potasio en las hojas, debiéndose producir una intensa migración de potasio de las hojas a los frutos, para que sea posible una maduración normal.

La nutrición potásica es compleja, debido a la interacción, tanto en el suelo como en la planta, entre los cationes potasio, sodio, calcio y magnesio. La carencia de potasio puede ser inducida por un exceso de calcio o de magnesio, habiéndose llegado a establecer que la relación óptima K/Mg en el suelo es de 2 a 7, con deficiencia de potasio para valores inferiores a 12 en muchas situaciones. El aumento de calcio en el terreno hace disminuir el contenido de potasio en las hojas, y de hecho las hojas cloróticas jóvenes pueden llegar a inducir una demanda tan grande de potasio que ocasiona un arrastre de la provisión de potasio de las plantas, no tardando en

manifestarse una carencia inmediata de dicho elemento. En los terrenos arenosos suele escasear el potasio, por lixiviación del mismo, no sucediendo lo mismo en los franco-arcillosos o en los arcillo-limosos por su poder retentivo.

El contenido de K se incrementa entre 20 días antes de la floración e inicios de floración. Posteriormente su contenido disminuye hasta plena floración, manteniéndose estable alrededor del 1%, hasta la cosecha (Archibald, 1964; Christensen, 1984). El potasio es un elemento móvil en la planta por lo que generalmente las hojas maduras son las que muestran síntomas de carencia (Bhandal y Malik, 1988). En años con primaveras de temperaturas frías, se ha observado que el contenido de K es menor, pero puede recuperarse totalmente, sin que haya que fertilizar, (Valdés, 1998). Siendo importante también fertilizar en postcosecha para llegar a niveles óptimos en primavera (Muñoz y Lobato, 2000).

Tecchio et al. (2011) determinaron el contenido de nitrógeno y potasio en la savia de los peciolos y destacaron como las diferencias encontradas entre las distintas regiones evaluadas fueron debidas a los diferentes portainjertos presentes en cada una de las zonas objeto de estudio. Además concluyen cómo es necesario ajustar los rangos de concentraciones de nutrientes en el análisis foliar en función de la región, considerándose los diferentes portainjertos utilizados.

En una revisión realizada por Kodur, (2011) en zonas cálidas de Australia, donde el pH del mosto tiende a ser elevado (>3.8), el autor constató cómo los mencionados elevados valores de pH están generalmente asociados a elevadas concentraciones de potasio en el mosto, dependiendo en gran medida del clon utilizado, portainjerto, así como la zona geográfica estudiada. El autor destacó cómo la concentración de potasio en mosto puede ser modificada mediante selección y uso de aquellos patrones que permitan una menor absorción del potasio y por lo tanto una menor presencia de este en el mosto.

2.1.4 MAGNESIO

El magnesio es un elemento indispensable para la vida de todas las plantas, puesto que forma parte como elemento constituyente de la clorofila, siendo esencial para el metabolismo de los glúcidos, y notable su acción como vehículo del fósforo. Actúa también en la formación de las grasas, proteínas y vitaminas, contribuyendo al igual que el potasio al mantenimiento de la turgencia de las células, y aumenta la resistencia de las plantas a la sequía y enfermedades. Entre el magnesio y el fósforo existe un sinergismo que eleva notoriamente la asimilación del fósforo y facilita su transporte a la planta.

El magnesio es el segundo elemento más abundante en el suelo, después del calcio en forma intercambiable. Las necesidades de magnesio, a pesar de ser relativamente importantes, son inferiores a las de potasio, pero el problema fundamental es el establecimiento de una relación favorable entre ambos compuestos antagónicos, según ya indicamos al referirnos a dicho elemento, presentándose deficiencias de magnesio para valores superiores a 12 en la relación K/Mg.

La existencia de fuertes contenidos de caliza en el suelo puede inducir a deficiencias de magnesio, al igual que de potasio. El aumento de calcio en el suelo puede hacer bajar el contenido de magnesio en las hojas, más que el de potasio, mientras que aumentando el potasio se puede deprimir el calcio más que el magnesio o pueden decrecer ambos.

La falta de magnesio, es a veces también consecuencia de suelos ácidos y arenosos, presentándose como un debilitamiento general de la cepa, reducción del nacimiento de los pámpanos y sarmientos, lento desarrollo del tronco y limitación del sistema radicular, así como una reducción de la fructificación, todo ello como consecuencia de estar profundamente afectada la función

clorofílica. Contrariamente al caso del fósforo, el tamaño de las hojas se ve poco afectado. Ciertos portainjertos, como el 44-53 Malègue y el SO₄, son particularmente sensibles a la carencia de magnesio. Se manifiesta por un amarilleamiento del borde de la hoja que progresa en digitaciones internerviales.

En un estudio llevado a cabo por García et al. (2001) en el que estudiaron el comportamiento de tres portainjertos diferentes respecto al contenido en potasio, calcio y magnesio, se observaron concentraciones diferentes de estos compuestos en función del patrón utilizado. Concretamente para la concentración de magnesio se encontraron mayores concentraciones de este elemento en las plantas de la variedad Négrette injertadas sobre el patrón 3309C, mientras que los menores valores aparecieron en aquellas plantas injertadas sobre SO₄ tal y como se ha mencionado en el párrafo anterior. Los autores destacan la importancia del binomio portainjerto-cultivar sobre la capacidad de absorción de nutrientes por las plantas.

Los niveles de magnesio presentan una tendencia creciente desde principios de temporada hasta el inicio del invierno, existiendo alta variabilidad para los estados de floración, cuaje y invierno. Este comportamiento concuerda con autores que citan como el contenido de Magnesio en pecíolos y láminas de vid tiende a aumentar durante el ciclo de crecimiento (Smith et al., 1957; Shaulis y Kimball, 1956; Gil et al., 1973). Ruiz et al. (1991) señalan que desde floración a invierno los niveles, en general, suben, tanto en hojas como en pecíolos.

2.1.5 CALCIO

Es un elemento esencial de la nutrición vegetal, con cantidades exigidas para los viñedos muy superiores a las del potasio. Interviene en el metabolismo celular neutralizando los ácidos

formados; es el elemento dominante del poder tampón intracelular, regulando el pH del jugo celular. Contribuye, junto con los otros cationes, a asegurar el equilibrio necesario de los ácidos orgánicos y minerales de la savia. Satura las funciones acidas de las pectinas de las paredes vegetales y juega un papel antitóxico frente al exceso de potasio, sodio y magnesio. Ocupa también un lugar importante en los fenómenos esenciales de transporte en los tejidos conductores y por último participa también en la activación de reacciones de defensa frente al ataque de diversos microorganismos (Poinssot et al., 2003; Lecomte et al., 2006).

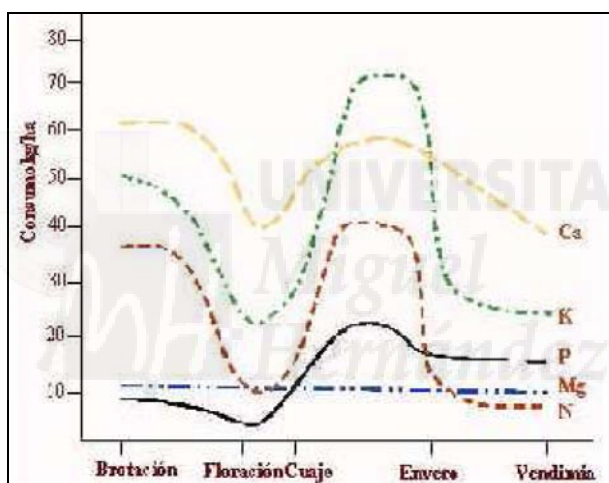


Figura 2.2 Tasa estacional de consumo de macroelementos en vid

Pueden presentarse interacciones por insolubilización del boro, manganeso y zinc que pueden producirse por exceso de calcio y las posibles toxicidades debidas al aluminio y manganeso por falta de dicho elemento, que acarrea una elevada acidez.

Un exceso de carbonato cálcico en el terreno, produce un gran debilitamiento de los viñedos no resistentes, consecuencia de una acusada clorosis que puede acarrear gravísimas consecuencias en la producción. El origen se encuentra en la dificultad de absorción de hierro presente en el suelo por la planta, pero superada esta se

centra fundamentalmente en la absorción de iones bicarbónicos, formados en los suelos calizos por la acción del ácido carbónico, proveniente del emitido por las raíces.

Las necesidades de la vid en calcio están generalmente satisfechas; no obstante se debería vigilar para mantener en el suelo una tasa de calcio suficiente para una buena estructura y un buen mecanismo del poder absorbente, destacando como ciertos portainjertos soportan mal una tasa de caliza activa elevada ya que son sensibles a la clorosis. No es tanto el calcio el responsable de la clorosis como el exceso de anión bicarbonato y el pH alcalino del suelo.

El contenido de Ca aumenta lentamente desde un mínimo de 1,7% hasta 3% a inicios de cosecha. Numerosos estudios coinciden en que los niveles de Ca, tanto en limbos como en pecíolos, tienen un incremento gradual a través de la temporada de crecimiento (Shaulis y Kimball, 1956; Smith et al., 1957; Guillen et al., 1965; Christensen, 1969), dado su movimiento acropétalo a través del xilema, a su acumulación en órganos de alta tasa de transpiración y a la inmovilidad que presenta el Ca en el floema (Salisbury y Ross, 1992).

En estudios realizados sobre la variedad Négrette (García et al., 2001), observaron mayores concentraciones de calcio en aquellas plantas injertadas sobre el patrón 3309C. Por el contrario, las plantas injertadas sobre SO4 mostraron los menores valores. Además en ensayos planteados con el objetivo de comprobar el efecto del patrón y la salinidad sobre la concentración de potasio, magnesio, calcio, fosforo y nitrógeno, los autores indicaron cómo ambos factores (salinidad y portainjerto) afectan decisivamente a la concentración de estos nutrientes en la planta. Este comportamiento puede estar relacionado con la respuesta a la salinidad de cada portainjerto, causando un impacto considerable en el crecimiento y desarrollo del viñedo (Fisarakis et al., 2005).

2.1.6 HIERRO

El hierro absorbido por las raíces es indispensable para la síntesis de la clorofila e interviene en los procesos de la respiración y de la fotosíntesis. El hierro está presente en los suelos donde es absorbido generalmente sin problemas por las raíces de las plantas. Sin embargo, un exceso de caliza en la solución del suelo y en presencia de otras condiciones favorecedoras, como un insuficiente agostamiento de la madera a lo largo del ciclo vegetativo precedente y de condiciones climáticas difíciles para el crecimiento en primavera, puede acarrear problemas en los mecanismos de absorción y de migración de hierro provocando la clorosis.

La clorosis podría también ser producida por una falta de hierro en el suelo, caso poco corriente. La falta de hierro en forma soluble útil divalente, además de producir la clorosis obstaculiza la respiración para la cual es indispensable, dando lugar a la abolición de la proteosíntesis, una proteólisis y desorganización de los cloroplastos, que conduce a la decoloración de la planta, con todas sus consecuencias.

La aparición de clorosis férrica es bastante frecuente en viñedos localizados en suelos calizos (Bavaresco et al., 2003), siendo atribuido generalmente a elevadas concentraciones de calcio en el suelo (Niholic y Kastori, 2000), tal y como se ha mencionado anteriormente. Si los síntomas aparecen en hojas adultas se cree que la clorosis es provocada por una deficiencia de magnesio. Una de las estrategias utilizadas para prevenir la clorosis es la aplicación foliar de magnesio; sin embargo, aplicaciones incontroladas pueden dar lugar a una disminución de iones potasio y calcio provocando desequilibrios en la planta. Gluhic et al. (2009) estudiaron la eficacia de aplicaciones foliares de magnesio como protector frente a la clorosis, así como la influencia de las aplicaciones foliares de este elemento en la presencia de iones potasio y calcio. Los autores destacan como las adiciones de magnesio son capaces de prevenir la

clorosis, aunque únicamente en suelos con bajo contenido en limo. Además destaca como el calcio es el catión dominante en la planta, desplazando al potasio y al magnesio de los principales roles fisiológicos.

Ksouri et al. (2005) estudiaron el efecto de las deficiencias de hierro provocadas por la presencia de bicarbonato cálcico en diferentes variedades turcas. La búsqueda de la variabilidad genética para tolerar las deficiencias de hierro ha sido propuesta como una herramienta útil con el objetivo de determinar aquellos cultivares o portainjertos resistentes a la clorosis en zonas vitícolas calizas (Ollat et al., 2003; Ksouri et al., 2007). Los autores son capaces de clasificar las ocho variedades y dos portainjertos ensayados en tres subgrupos, el primero de ellos con elevada resistencia a la clorosis, viéndose poco afectadas sus parámetros fisiológicos (donde se incluye el patrón 140 R), el segundo grupo corresponde a muestras medianamente tolerantes (como el patrón SO₄) y por último un grupo formado por variedades extremadamente sensibles a la clorosis férrica.

Es también importante resaltar que un exceso de potasio en la alimentación de la cepa puede inducir a una insuficiente absorción de hierro, con la consiguiente deficiencia. El hierro se encuentra muy difundido en la naturaleza, contenido en la estructura cristalina de la gran mayoría de los minerales.

2.1.7 AZUFRE

El azufre al igual que el nitrógeno y el fósforo es un componente esencial de la mayoría de las proteínas (Xavier y Le Gall, 2007), estimula el desarrollo vegetativo de la vid y al igual que el nitrógeno proporciona a las hojas un color verde intenso, lo que garantiza una óptima actividad clorofílica.

Ciertos microorganismos en el suelo pueden transformar el azufre en ácido sulfúrico (Falkowsky et al., 2008), lo que explica, por lo menos parcialmente, la movilización de elementos fertilizantes contenidos en forma inerte en el suelo, lo que ya de por sí tiene su importancia en tierras calizas.

En el suelo natural se encuentra principalmente en forma orgánica, que es precisamente mineralizado por la flora microbiana del suelo para poder ser absorbido. En los suelos vitícolas las pulverizaciones y espolvoreos con este elemento para los tratamientos fitosanitarios son un suplemento de gran interés (Crisp et al., 2006; Prischmann et al., 2005).

En el pasado el azufre utilizado por las plantas provenía principalmente de dos fuentes: de los fertilizantes que contiene azufre y del azufre incorporado al suelo durante las precipitaciones de agua de lluvia. Actualmente y gracias a las políticas ambientales el azufre atmosférico ha disminuido significativamente y además muchos de los fertilizantes no contienen azufre. Estudios recientes indican que deficiencia de azufre puede ser un factor limitante para el rendimiento de los cultivos y la calidad (Saito, 2004; Hawkesford, 2005). Por lo tanto, las investigaciones sobre el posible exceso de azufre en las plantas han dado lugar a investigaciones que tratan sobre su deficiencia, quedando demostrado que la nutrición con azufre ejerce una influencia positiva sobre la salud de la planta (Bloem et al., 2007).

Fregoni, (1999) señala que los niveles de azufre en limbo descienden gradualmente durante la temporada. Clarke (1986) propone niveles adecuados para envero y señala que niveles sobre 0,5% en esta fecha podrían generar toxicidad y contenidos menores a 0,018%, deficiencia.

2.1.8 BORO

Es un oligoelemento indispensable en el transporte y utilización de los glúcidos, en la elaboración de las pectinas y en la movilización del calcio en la planta, actuando también como catalizador en la síntesis de elementos que forman la pared celular. Tiene una acción importante en la división celular, favoreciendo la síntesis del ácido nucleico y el desarrollo vegetativo. El boro es responsable, al igual que el potasio y el calcio, de la estabilidad de las células vegetativas, y en la biología floral fomenta la fecundación e incrementa el poder germinativo del polen reduciendo los corrimientos. Además este elemento se ha propuesto para su uso como fungicida actuando de forma eficiente frente a *Eutypa lata* (Rolshausen y Gubler, 2005). En estudios realizados por Failla et al. (1995), la concentración de boro se incrementó en el cuajado, para luego descender hasta el envero.

La falta de boro da lugar a una acusada clorosis y raquitismo, con entrenudos cortos y gruesos, y a una reducción del poder germinativo del polen, con la consiguiente ausencia de fructificación en casos graves, caída de racimos florales, cuajado defectuoso y a la formación de frutos partenocárpicos, por no producirse la fecundación de los óvulos, con la consiguiente formación de bayas pequeñas.

El boro se encuentra en situación inversa respecto al calcio, potasio y magnesio. Un exceso de estos elementos en el suelo impide o dificulta la asimilación del boro, y el déficit facilita la absorción pudiendo llegar a producir toxicidad, es fácil en las correcciones la aparición de la sintomatología contraria. En suelos arenosos es fácil que aparezca carencia de boro mientras que en los calizos se produce su inmovilización.

La toxicidad por exceso de boro es un importante desorden nutricional en situaciones áridas y semiáridas. El exceso de boro suele ocurrir principalmente en suelos sedimentarios y también

debido al agua de riego con elevados contenidos en boro. Mientras que existe una menor presencia de suelos deficientes en boro, los suelos ricos en boro pueden provocar toxicidad afectando decisivamente a la planta, disminuyendo el crecimiento, así como, el rendimiento del viñedo (Papadakis et al., 2004). En el estudio realizado por Gunes et al., (2006) se investigó el efecto del incremento de los niveles de boro sobre el crecimiento. Los autores observaron un descenso significativo en el crecimiento tanto de la parte vegetativa como de las raíces a medida que se incrementaba la concentración de boro en la planta. En otro estudio realizado por Yermiyahu y Ben-Gal (2006) en el que estudian la influencia de diferentes concentraciones de boro, los autores destacan la aparición de síntomas visuales de toxicidad, así como un menor crecimiento vegetativo aunque resaltan que en las condiciones del estudio el rendimiento no se vio afectado.

2.1.9 MOLIBDENO

Tiene una importante función en la activación de numerosos procesos del metabolismo nitrogenado, en la reducción de los nitratos a nitritos. Ocupa un lugar destacado en la síntesis de los pigmentos y notablemente de la clorofila, siendo indispensable para el crecimiento de las flores y en su fecundación, favoreciendo el incremento de la producción

La deficiencia de molibdeno incide directamente sobre la fructificación, reduciéndola e incluso anulándola en casos extremos (Keyser et al., 2005). Recientemente se ha propuesto la deficiencia de este elemento como responsable de problemas de corrimiento (millerandage) (Williams et al., 2004), que se caracteriza por racimos de vid que se desarrollan de forma desigual, donde bayas completamente maduras están presentes en un grupo junto con un gran número de bayas fertilizadas subdesarrolladas (Mullins et al., 2000). Es el único elemento menor cuya carencia se acentúa con la

acidez del suelo. La mayor parte de molibdeno en el suelo se encuentra asociado con la materia orgánica.

Masi y Boselli, (2013) estudiaron el efecto de la aplicación del Molibdeno a diferentes dosis sobre el rendimiento y la calidad en uvas de la variedad italiana Sangiovese. El incremento de vigor fue confirmado debido al ligero incremento del rendimiento, tamaño del racimo y peso de la vendimia, así como el retraso de la maduración (menor madurez glucométrica y fenólica en el momento de la vendimia). Además la aplicación de molibdeno se presentó como una técnica capaz de incrementar el contenido en nitrógeno asimilable por las levaduras.

2.1.10 MANGANESO

Los niveles de manganeso en las plantas varían entre las diferentes especies y localizaciones mucho más que lo que se ha observado para otros micro- y macro-nutrientes. La disponibilidad de manganeso en el suelo está altamente relacionada con el pH así como con el potencial redox de las raíces. Los factores que definen las posibles carencias o excesos de manganeso son: la concentración de manganeso y otros compuestos manganésicos fácilmente reducibles, la concentración de otros cationes en el suelo, la capacidad de intercambio catiónico, temperatura, contenido en materia orgánica, actividad microbiológica y por último el potencial redox del suelo. Slunjski et al. (2010) estudiaron la concentración en suelos ácidos y calcáreos de manganeso, fosforo y hierro en diferentes estadios fenológicos de la vid (floración, envero y maduración). Las mayores concentraciones de manganeso en hoja fueron observadas en el momento de la cosecha en suelos ácidos y fueron de 3 a 5 veces superiores que los valores normales considerados, por el contrario los menores valores fueron encontrados durante la floración en suelos alcalinos

El manganeso junto con el molibdeno interviene en la reducción de los nitratos, continuando la acción de aquel, pasando de los nitratos

a ácido hiponitroso y después a hidroxilamina. Actúa en diversas reacciones enzimáticas, y es destacable su particular interés en los procesos de germinación. Desempeña un papel de suma importancia en la fotosíntesis, pero el contenido de clorofila y la síntesis de la misma son solamente influidos en forma indirecta por el mismo. Interviene también en los procesos respiratorios. Este compuesto además ha sido propuesto por numerosos autores como producto capaz de actuar de forma positiva frente a enfermedades causadas por hongos. En estudios desarrollados por Bester et al. (2007) los autores señalan como un fungicida con elevada presencia de manganeso presentó una elevada capacidad de limitar las infecciones en heridas de poda provocadas por las diversas especies fúngicas causantes de la enfermedad de Petri.

En general los suelos calizos reducen fuertemente la absorción del manganeso por la planta, mientras que los de pH bajo la favorecen. En los suelos arcillosos es difícil la carencia de manganeso, lo que no sucede en los arenosos y húmicos. Concentraciones significativamente más elevadas de manganeso en las hojas han sido detectadas en suelos ácidos con respecto a suelos calcáreos. Las concentraciones de manganeso en mosto, pulpa y hollejo fueron 2.3, 2.1 y 5.3 veces superiores en suelos ácidos que en suelos calcáreos, además las mayores concentraciones de este elemento fueron observadas en el envero (Coga et al., 2007).

2.1.11 ZINC

Este elemento es indispensable para el crecimiento y la fructificación de la vid, interviniendo en el metabolismo de los glúcidos, está relacionado con la anhidrasa carbónica; que es necesaria para la formación de las auxinas de crecimiento celular, y desempeña un papel estimulador en la producción del ácido

ascórbico. Es esencial para la síntesis de la clorofila y participa en el metabolismo proteico.

La escasez de zinc puede ser producida por un exceso de fosfatos o carbonatos que lo inmovilizan al pasar a fosfato o carbonato de zinc insolubles. Un exceso de potasio puede dar lugar a una deficiente absorción de zinc, en todo caso inductora de una clorosis específica. Suelos con pH decrecientes provocan un aumento de la absorción de zinc por la vid.

Los diferentes portainjertos utilizados en viticultura afectan de forma decisiva la movilización y transporte de zinc por parte de las raíces. Volschenk et al. (1999) mencionan una mejor distribución de este elemento en aquellas plantas injertadas sobre el patrón 140 Ruggeri que en aquellas sobre 110 Richter. Además destacan como la máxima acumulación de nitrógeno en aplicaciones foliares tiene lugar cuando este se aplica de forma temprana, al principio del ciclo de crecimiento vegetativo.

Gezgin y Bayrakli, (2009) estudiaron el efecto del abonado NPK con adición de distintas dosis de zinc. Los resultados muestran un incremento en el rendimiento de producción del viñedo junto con el incremento en el contenido de sólidos solubles y de la acidez del mosto. Además destacan cómo la aplicación foliar fue más efectiva que la aplicación al suelo.

2.1.12 COBRE

Desempeña un papel importante en la nutrición de las plantas ya que es integrante de numerosos enzimas, por lo que su acción más destacada la ejerce en los procesos de asimilación. Si falta cobre la clorofila se degrada con rapidez, decayendo el rendimiento del viñedo. Los niveles de cobre descienden desde floración hasta inicio de envero, observándose posteriormente un aumento de los niveles,

hasta un máximo en enero, estado fenológico que mostró alta variabilidad

La deficiencia de cobre suele presentarse en suelos arenosos y excesivamente húmidos, disminuyendo sus disponibilidades a medida que el pH aumenta, llegando a ser muy baja en los suelos calizos. En los suelos vitícolas las pulverizaciones con este elemento para tratamientos fitosanitarios dan un contenido de gran interés.

Puede aparecer una toxicidad de cobre con acción deprimente para la cepa, consecuencia de un marcado efecto residual, que es preciso controlar, sobre todo en los terrenos ácidos, con pH inferior a 6, no revistiendo general gravedad en los más alcalinos con un elevado contenido en caliza.

La adición de fungicidas cúpricos al viñedo es una técnica ampliamente utilizada para el control de enfermedades fúngicas y bacteriológicas (Van Zwieten et al., 2004; García-Esparza, 2006). El cobre es además incorporado al suelo en forma de abonado de restitución (Lai et al., 2010). La intensiva y prolongada aplicación de este elemento en forma de fungicida o abonado ha dado lugar a la acumulación de este en el suelo pudiendo causar problemas de fitotoxicidad (Mirlean et al., 2007). La presencia de cobre en las raíces, puede causar toxicidad en el caso de que se alcancen niveles elevados. El magnesio aparece como un elemento capaz de competir con el cobre disminuyendo el contenido de este en la planta y evitando por lo tanto la mencionada toxicidad (Wu, 2007; Wang et al., 2011). En estudios realizados por Chen et al. (2013) los autores destacan como la mayor presencia de magnesio provoca un incremento en la longitud de las raíces, así como retardando la acumulación de cobre en la planta. Juang et al. (2012) destacan que las mayores concentraciones de cobre fueron determinadas en las raíces, encontrándose, por tanto menores concentraciones en hojas y

tallos lo cual indica la limitada translocación de este elemento desde las raíces a la parte aérea

2.1.13 SODIO

Es absorbido y utilizado en cantidades importantes por la vid, jugando un papel destacado en el balance fisiológico de aniones y cationes, al ser puesto a disposición del viñedo, bien de un modo natural, como componente del suelo o aportado como elemento complementario de abonos y pesticidas.

2.1.14 CLORO

Es muy móvil en los suelos bajo la forma de cloruros, siendo muy fácilmente absorbido por las cepas. Sin embargo este elemento preocupa más al viticultor por su exceso que por su carencia, debiéndose tomar especiales precauciones sobre el mismo a la hora de elegir un portainjerto en la planificación de una nueva plantación (Tregeagle et al., 2006).

2.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN LA PLANTA

2.2.1 EDAD FISIOLÓGICA

La concentración de un nutriente en una planta no es un valor fijo, sino que varía debido a varias causas. La diferencia entre la velocidad de crecimiento de la planta y la de absorción de un nutriente puede producir acumulación o dilución del nutriente dentro de una planta. También el movimiento de los nutrientes dentro y entre partes de la planta (translocación) ejerce su influencia en la concentración del nutriente que tiene un tejido en un momento dado. Es decir, a medida que el crecimiento de una planta progresa, ocurren marcados cambios en la concentración de nutrientes en los tejidos o partes de la planta. En general, las necesidades de elementos fertilizantes aumentan con la edad de las cepas, pero además lo hacen de una forma selectiva. En las fases de juventud y vejez las necesidades de nitrógeno son superiores a las de mediana edad, mientras que en la fase de plena productividad las exigencias de potasio son mayores que cuando la plantación es joven

En general, en especies anuales la concentración de nutrientes en hoja desde una edad temprana hasta la senescencia de la planta declina con el tiempo, excepto los nutrientes inmóviles. Esto probablemente se deba a que hay un cambio en la proporción de ciertos tejidos con la edad, como puede ser el incremento de la proporción de tejidos estructurales y sustancias de reserva.

En estudios llevados a cabo por Volder et al. (2005) se estudió la capacidad de asimilación de nitrógeno por parte de las raíces finas, estudiándose estas en función de su edad. Es decir aquellas raíces más jóvenes fueron capaces de asimilar mayores contenidos de nitrógeno, así como presentaban mayores tasas de respiración. Además ambos parámetros disminuían a medida que se

incrementaba la edad de estas raíces. Los ensayos fueron realizados con el portainjertos 3309 C, debido a su uso extendido en viticultura, a su gran capacidad de respiración (Smart, 2004) y a la presencia de un gran número de raíces finas.

Estos cambios en la concentración de nutrientes determinan el momento o fecha más conveniente para hacer el muestreo de plantas. El mejor momento para efectuar el muestreo debe ser aquel en el cual se produzca primero, una relativa estabilidad en un cierto tiempo de la concentración de la mayoría de los nutrientes de interés dentro de la planta, y segundo, que la variabilidad de concentraciones encontradas para cada nutriente entre cultivos sea un buen estimador de la disponibilidad de cada nutriente en el suelo (Romero-Laibarra et al., 2004). Esto significa que los valores de análisis de plantas (altos, medios o bajos) para un nutriente deben corresponderse con las disponibilidades (altas, medias o bajas) de ese nutriente en el suelo. Por dichas razones, no deberían muestrearse tejidos fisiológicamente muy jóvenes ni tejidos pasados de madurez, así como tampoco se debe incluir tejidos muertos en las muestras.

2.2.2 ÓRGANO MUESTREADO

El órgano o tejido de la planta a muestrear debe ser aquel que manifieste mejor la relación entre el contenido de un nutriente y el rendimiento del cultivo. Esto implica que tiene que dar un amplio rango de concentración y ser sensible a los cambios en la disponibilidad del nutriente (García-Escudero et al., 2002). Sin embargo, no siempre el tejido que mejor muestra deficiencias es el mismo que mejor muestra toxicidad para un mismo nutriente. Las hojas son usualmente las partes más adecuadas, aunque muy frecuentemente se muestrean: hoja, pecíolo u hoja más pecíolo, según los cultivos.

Schreiner y Scagel, (2006) estudiaron los patrones de distribución de los nutrientes, nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio y calcio en

vid. Los autores observaron grandes diferencias en la concentración de estos nutrientes en función del órgano muestreado y del estado fenológico en el que se realizó el muestreo.

2.2.3 POSICIÓN EN LA PLANTA

Una vez definido qué tejido u órgano se va a muestrear, es necesario saber también qué posición ocupa éste en la planta: si es la primera o segunda hoja, si es la hoja opuesta al fruto, etc. En cultivos anuales se recomienda muestrear la última hoja en orden cronológico, o sea la hoja más reciente y completamente desarrollada. Esto presenta la ventaja adicional de que es fácil de reconocer. En viña se muestrea la hoja opuesta al primer racimo. En caso de que ésta no se encuentre o esté dañada, se debe sacar la hoja más cercana al racimo.

En un estudio realizado por Romero et al. (2013) se determinó el efecto de la posición de las hojas en la concentración mineral de peciolo (Tandonnet et al., 2008) y limbo (Navarro et al., 2008; Peuke, 2009). Concretamente se determinaron las concentraciones de varios micro- y macro- nutrientes en viñas de la variedad Tempranillo. Los resultados ponen de manifiesto que los peciolos tenían mayores concentraciones de K, Mg, y Zn, mientras que para el N, P, Ca, y otros micronutrientes como el Zn las mayores concentraciones fueron encontradas en el limbo. Se identificaron además tendencias estacionales de los macronutrientes, con la disminución de N, P y K. Por otra parte el, Ca y Mg presentaron una tendencia ascendente durante toda la temporada. Además se observaron pequeñas diferencias en la concentración de nutrientes en hojas y peciolos opuestos (basal y distal). Los resultados se obtuvieron en análisis realizados posteriormente al invierno (Romero-Laibarra et al., 2004), momento fenológico señalado por numerosos autores como adecuado para el análisis foliar debido a la mayor estabilidad en las concentraciones de los nutrientes considerados. Por último, destacan diferencias en la concentración

de nutrientes entre las hojas opuestas a los racimos basales frente a aquellas situadas a cuatro nudos de distancia, concluyendo que estas hojas jóvenes no son adecuadas para el diagnóstico nutricional utilizando concentraciones de referencia obtenidos para las hojas basales. Este comportamiento muestra la importancia de la edad de los órganos muestreados en la concentración de nutrientes (Robinson, 2005; Peuke, 2009).

2.2.4 EFECTO DEL CULTIVAR

En plantas perennes como frutales y en viña se ha demostrado que los distintos cultivares de portainjertos y variedad varían considerablemente en su capacidad para extraer nutrientes desde el suelo (Mpelasoka et al., 2003). Por lo tanto, si existen diferentes portainjertos y variedades en una misma parcela habría que separar las poblaciones a muestrear según esa variable.

Fallahi et al. (2005) estudiaron el crecimiento vegetativo, la superficie foliar, peso fresco y peso seco de peciolo y hoja y el contenido en nutrientes minerales de cinco variedades *Vitis vinífera* (Cabernet Sauvignon, Merlot, Chardonnay, Sangiovese y Barbera) destacando las diferencias en todos los parámetros estudiados en función del cultivar estudiado.

En un estudio llevado a cabo en Chile donde se analiza el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en plantas injertadas sobre diez portainjertos distintos, se observaron grandes diferencias en las concentraciones de estos compuestos, destacando la importancia del portainjerto sobre la capacidad de la planta de asimilar los nutrientes esenciales mencionados (Ibacache y Sierra, 2009).

El efecto del riego mediante aguas depuradas provenientes de efluentes municipales sobre la concentración de nutrientes en un viñedo del cultivar Sultanina demuestra la importancia de los diferentes portainjertos respecto a la absorción de nutrientes por parte de la planta. Los autores destacan como a pesar de no

observarse un incremento en la concentración de nitrógeno sí que se observaron cantidades suficientes de los otros micros elementos. Las viñas injertadas sobre el portainjertos SO4 mostraron una gran capacidad de mantener elevadas concentraciones foliares de nutrientes. Estos efecto no fueron tan pronunciados en los patrones 1103P y 110R (Paranychianakis et al., 2005).

2.2.5 INTERACCIÓN ENTRE NUTRIENTES

Si bien se ha puntualizado que la planta es capaz de detectar deficiencias de un nutriente por vez, un nutriente puede afectar no sólo la concentración de otro nutriente en la planta sino también su concentración crítica (Brar y Imas, 2009).

Delgado et al. (2004) evaluaron los efectos interactivos de la aplicación de nitrógeno y potasio a diferentes dosis sobre la composición fenólica de las uvas durante la maduración. Dosis elevadas de nitrógeno provocaron un retraso en la acumulación de azúcares, mientras que por el contrario dosis elevadas de potasio provocaron una disminución de la acidez total de las bayas, pero no afectaron de forma decisiva en la concentración fenólica del mosto. Además las viñas sin nitrógeno mostraron mayores concentraciones de polifenoles en la piel de las uvas, especialmente durante las últimas semanas del muestreo. Estas diferencias entre los tratamientos con nitrógeno disminuyeron a medida que se incrementaron las concentraciones de potasio indicando una marcada interacción entre ambos nutrientes (Balo et al., 1988; Fregoni., 1980).

El incremento en la concentración de calcio resultó en un descenso del 30% en la concentración de potasio en limbos i peciolas en el estudio de diferentes ratios de potasio/calcio sobre la absorción de cationes en la variedad Negrette (García et al., 2009). Los resultados demostraron un marcado afecto antagónico entre ambos nutrientes.

2.2.6 CONDICIONES AMBIENTALES

La absorción de los elementos fertilizantes por la planta depende de la temperatura, régimen de lluvias, luminosidad... que inciden directamente sobre el ritmo de asimilación de los elementos nutritivos y de la transformación de los elementos orgánicos para el desarrollo de las cepas, en los procesos de disolución e insolubilización, en la lixiviación, en los procesos de nitrificación... Un exceso de agua en el suelo puede dar lugar a una importante pérdida de nitrógeno en climas lluviosos y suelos sueltos, arenosos, y una falta por sequía puede ocasionar la absorción escasa de otros elementos nutritivos.

Se ha demostrado que las condiciones ambientales, humedad del aire y del suelo (Coga et al., 2009), así como la temperatura y la intensidad de la luz afectan la concentración de nutrientes y también al nivel crítico, tanto en el momento del muestreo como en la respuesta del cultivo a la aplicación de nutrientes. Esto significa que el análisis de plantas es más susceptible que el análisis de suelos a las variaciones en las condiciones ambientales, lo cual explicaría por qué el análisis de plantas ha tenido más éxito en regiones secas, calurosas y con riego. En dichas situaciones, las condiciones ambientales son relativamente constantes, y la humedad del suelo es manejada por el hombre. En estudios realizados por Schaller et al. (2002) donde se estudia el método DRIS en un viñedo de la variedad Riesling a lo largo del ciclo de cultivo, los autores destacan como los índices DRIS cambian a lo largo del ciclo de cultivo, lo cual pone de manifiesto la importancia de las condiciones climatológicas respecto a la concentración de nutrientes en la planta.

En resumen, no deberían muestrearse plantas sometidas a estrés hídrico (después de una pronunciada sequía), ya que algunos nutrientes tenderían a presentar concentraciones más altas (N, Ca, Mg, Mn), mientras que otros disminuirían (K, P, B, Mo). Tampoco

es conveniente muestrear cuando la intensidad de la luz y la temperatura son muy altas, ya que algunos nutrientes, como el N, pueden encontrarse en menores cantidades en el tejido muestreado.

2.2.7 MOVILIDAD DE LOS NUTRIENTES EN LA PLANTA

De la movilidad de los elementos minerales depende su penetración en los suelos y consecuentemente la forma y época de aplicación de los fertilizantes. Hay elementos sumamente móviles como los nitratos y otros de escasa movilidad, como el fósforo, potasio, calcio y magnesio que obligan a hacer aplicaciones tempranas localizadas, pero que permiten su utilización en abonados de fondo.

2.2.7.1 EL SUELO

Tiene una importancia decisiva en la nutrición del viñedo, porque depende fundamentalmente de la estructura y fertilidad. Terrenos sueltos con elevados contenidos de arena y grava, con escaso poder retentivo, facilitan las pérdidas por percolación o arrastre del nitrógeno, calcio, magnesio..., mientras que los arcillosos retienen intensamente el fósforo y la potasa, además de proporcionar a las cepas una humedad plenamente satisfactoria.

El contenido de carbonato cálcico en los suelos es de consideración, no solamente a la hora de elección del portainjerto, por sus diferentes resistencias a la caliza activa, sino porque su exceso o falta provoca la carencia de magnesio por lixiviación (falta de calcio) y antagonismo (exceso de calcio), observándose también la carencia de boro y manganeso por su insolubilización debida a un elevado contenido del mismo.

Se considera que los terrenos con un contenido elevado de caliza dan excelentes vinos de gran calidad, máximo en los tintos

destinados a la crianza. Lo mismo acontece en los suelos ricos en potasio.

La importancia del pH del suelo tiene una gran importancia en la nutrición del viñedo. El nitrógeno es más fácilmente absorbido a un pH neutro; el fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio son mejor absorbidos en terrenos medianamente alcalinos; el hierro, manganeso, cobre y zinc son fácilmente absorbidos en un pH ácido, y el primero por insolubilización puede provocar la clorosis férrica a pH superiores a 8.5. Para obtener una mayor solubilidad de los microelementos es más importante el pH del suelo que el contenido total de los mismos. Los suelos con pH menores de 5, son en general nocivos, estimándose que en los terrenos arenosos no debieran bajar de 6, en tanto que en los compactos, arcillosos, deberían ser superiores a 6.5.

2.3 FERTIRRIGACIÓN

La práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego se llama fertirrigación o fertirriego (Bar-Yosef, 1999). La fertirrigación es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la contaminación (Hagin et al., 2002), al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes. En la fertirrigación, el momento, las cantidades y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados.

El riego por sistemas tradicionales de inundación o de aspersión aérea da lugar a un perfil de suelo mojado. Los nutrientes vegetales se distribuyen en este volumen de suelo húmedo, dependiendo de su movilidad y de las reacciones de adsorción y precipitación que ocurren en la superficie de las partículas de suelo.

El movimiento de agua en el suelo desde un gotero como punto de emisión progresa tanto en dirección circular horizontal en la superficie del suelo como en dirección vertical hacia abajo del perfil de suelo. Esto crea un volumen mojado del suelo donde el contenido de agua varía en profundidad (Bresler, 1977). La interacción de las partículas del suelo con el agua es principalmente física, e implica la absorción y las fuerzas capilares que controlan la distribución de un volumen de agua en un volumen de suelo.

La necesidad de suministrar cada vez más alimentos a una creciente población del mundo estimuló el interés por aumentar la eficiencia del riego. El riego por goteo fue desarrollado antes de 1920, y luego, en los años treinta, se desarrollaron los aspersores y tubos de acero liviano (Keller y Bliesner, 1990).

Los primeros experimentos que condujeron al desarrollo del riego por goteo datan de fines del siglo XIX, pero el verdadero progreso no fue alcanzado sino hasta finales de los cincuenta y principios de los sesenta (Keller y Bliesner, 1990). La rápida implementación del riego por goteo comenzó en los años setenta como resultado de la invención de tubos de plástico baratos. El área mundial regada por estos sistemas en 1974 era cerca de 66.000 hectáreas, que aumentaron a 2,98 millones de hectáreas en 1996 (Magen e Imas, 2003) y a 6 millones de hectáreas en 2006 (Sne, 2006).

La adopción de métodos de riego por goteo con el mojado parcial del suelo llevó adelante la transición hacia sistemas radiculares restringidos solamente a la zona de mojado. Este cambio desde la aplicación de fertilizantes al voleo en toda la superficie a una fertilización en bandas y a fertilizantes aplicados al agua de riego fue desarrollado para satisfacer las necesidades de nutrientes a cultivos regados por goteo. Cronológicamente, la fertirrigación fue el resultado del riego localizado.

Las reacciones de las partículas del suelo con los diferentes compuestos químicos entregados por las soluciones de riego por goteo son, sin embargo, muy complejas. Implican interacciones químicas entre los componentes de las partículas del suelo que llevan cargas eléctricas permanentes en sus superficies, reacciones de precipitación con el carbonato de calcio (calcáreo) en suelos alcalinos y con el aluminio y el hierro en los suelos ácidos.

Los compuestos nitrogenados encuentran un ambiente sumamente complejo cuando entran en contacto con el suelo. El catión amonio se fija por adsorción a las partículas cargadas negativamente de la arcilla y es oxidado lentamente a N-nitrato por las bacterias del suelo. El N-nitrato entra en el suelo debajo del gotero en una zona saturada de agua, desprovista de oxígeno, que contiene bacterias del suelo que procuran activamente una fuente de oxígeno para cubrir sus demandas respiratorias. En consecuencia, antes de que pueda ser absorbido por la planta, una parte del nitrato oxidado presente en el suelo puede reducirse a óxido nitroso (N_2O) o a nitrógeno elemental (N_2), para volver en forma gaseosa a la atmósfera. Otra parte del nitrato se mueve con el agua y se acumula a una concentración muy alta en el límite entre las zonas mojadas y secas del suelo. La fracción más importante es la de N-nitrato proveniente del fertilizante nitrogenado aplicado que será absorbido por las plantas, un factor clave que determina el éxito de la fertirrigación económica. La urea, molécula sin carga eléctrica, puede viajar considerables distancias en el suelo con el movimiento del agua. Una vez en contacto con la ureasa, enzima específica en el suelo, la molécula de urea se convierte rápidamente a dióxido de carbono (CO_2) y amoníaco, la que se disuelve en agua y da lugar por algunos días a un aumento localizado del pH del suelo.

Los fertilizantes fosfato solubles son propensos a reacciones de precipitación con calcio (Ca) y magnesio (Mg), ya presentes en el agua de riego cuando la solución tiene un pH superior a 7, o cuando hay hierro soluble (Fe) en un pH bajo. Así, incluso antes de que el

fósforo (P) emerge del emisor, tiene que estar protegido contra la precipitación tanto en las líneas de goteo como en los tanques de fertilización. Entre todos los nutrientes aplicados por la fertirrigación, la distancia que el P, una vez en el suelo, se desplaza desde el punto de aplicación es la más pequeña. La fertirrigación con fósforo tiene que considerar la calidad del agua, la composición química del suelo y la edad de la planta.

El potasio (K) es la forma más estable de todos los nutrientes primarios aplicados en fertirrigación, ya que permanece siempre en la misma forma química como catión monovalente (K⁺).

La introducción de la fertirrigación tuvo un importante impacto en la transformación del uso de tierras casi improductivas, tales como las dunas arenosas desérticas y los suelos altamente calcáreos, en suelos agrícolas productivos para cultivos comerciales de alto valor (Kafkafi y Bar-Yosef, 1980). En áreas desérticas, la fertirrigación permite el cultivo de plantaciones de dátiles donde el riego se realiza a cada árbol individualmente, previniendo así el derroche de grandes cantidades de agua debido a la evaporación directa de la superficie expuesta del suelo. Por ello, la técnica del riego por goteo permite el cultivo en suelos marginales en los que nunca antes se había hecho una agricultura productiva.

La fertirrigación permite al agricultor seleccionar y utilizar fertilizantes de la calidad más conveniente para el suelo, la fuente de agua de riego, el cultivo y las condiciones climáticas, y así producir cosechas de alta calidad y, al mismo tiempo, prevenir la contaminación ambiental.

El riego por goteo fue adoptado por primera vez en plantaciones perennes de viñedos y huertos frutales adultos (Elfving, 1982) sin reducción de los rendimientos. Las pruebas iniciales en los años setenta abrieron el camino para la rápida adopción de la fertirrigación en viticultura (Goldberg et al., 1971). Actualmente,

las nuevas plantaciones de viñedos en todo el mundo utilizan la técnica del riego por goteo y la fertirrigación.

El nitrógeno (N) es el nutriente más común aplicado como fertilizante a los viñedos (Christensen et al., 1978). Los momentos apropiados para aplicarlo varían desde antes de la brotación (Cahoon et al., 1991) y entre ese momento y la floración (Bates, 2001). En localidades con largos veranos cálidos también son útiles las aplicaciones después de la cosecha (Conradie, 1986).

Las viñas absorben eficientemente el N de las aplicaciones tardías en regiones donde el período de crecimiento es largo. Los viñedos de Chenin blanc en Sudáfrica absorben hasta el 34% de la absorción total del ciclo de crecimiento después de la cosecha de las uvas (Conradie 1980, 1991).

En California, las viñas absorben más N cuando se aplicó en julio (media estación) y septiembre (postcosecha) que cuando se aportó al comienzo de la brotación en marzo (Peacock et al., 1989). Las aplicaciones tardías o de postcosecha se asumen como de menor efectividad en las regiones de corta duración de ciclo de cultivo, donde el período de crecimiento después de la cosecha es muy corto (Bates et al., 2002).

La mayoría de los nuevos viñedos plantados en Australia usan riego por goteo. Sólo se usan fuentes nitrogenadas (urea, nitrato de calcio o, a veces, potasio en suelos deficientes, como nitrato KNO_3) en los planes de fertirrigación. Debido a las severas deficiencias naturales de fósforo en los suelos australianos, se realizan fuertes aplicaciones de fertilizantes fósforados al suelo antes del establecimiento de las viñas, mientras que los micronutrientes son normalmente aplicados como pulverizaciones foliares (Robinson, 2000).

Muchos de los nuevos viñedos alrededor del mundo usan fertirrigación. Los experimentos iniciales en Israel en todos los viñedos donde se usaba riego por goteo, incluían al fósforo en el

programa de fertirrigación (Bravdo et al., 1984 y 1985; Hepner y Bravdo, 1985).

Otro estudio detallado de análisis foliares de 26 cultivares de uvas durante la estación de cultivo fue publicado por Christensen, (1984), quien comparó los niveles de nutrientes en el pecíolo y en el limbo de hojas de cultivares de uvas para pasa, para mesa y para vinificar en cinco estadios de crecimiento a largo de tres años. Los cultivares se ordenaron de acuerdo con los contenidos de N total, NH₄-N, NO₃-N, P, K, Zn y B. Este trabajo detallado sugiere que cada cultivar debe estudiarse separadamente. Los análisis de limbo y pecíolo pueden servir para monitorear los niveles de K y de nitratos en las plantas, pero sus valores deben calibrarse separadamente para cada cultivar.

2.3.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA FERTIRRIGACIÓN

Ventajas:

- Eficiencia en el uso del agua de riego y nutrientes. Por lo que se realiza un abonado más racional, se ahorra en el uso de abono y se realiza la fertilización respetando el medio ambiente.
- Distribución uniforme del fertilizante alrededor de las raíces en todo el perfil, facilitando así una mejor y más activa asimilación.
- Ahorro de los gastos de distribución y aplicación
- Disposición de los nutrientes para la planta a lo largo de todo el ciclo vegetativo.
- Posibilidad inmediata de aplicación para corregir carencias nutricionales

- Posibilidad de utilizar aguas de peor calidad y de cultivar en regiones con climas muy extremos.
- Incremento en la producción, calidad y precocidad de los cultivos
- Una vez implantado este sistema de producción, el manejo de la instalación es sencillo si se tiene un poco de experiencia

Inconvenientes:

- Elevado coste de la instalación
- Exige una elevada preparación técnica del agricultor
- Genera un limitado desarrollo radicular, lo que puede ocasionar que en los cultivos arbóreos exista una falta de anclaje al terreno.
- El cultivo es más sensible a la mala programación o eventual interrupción del riego al disponer de un sistema radicular más denso y concentrado.

2.3.2 FERTILIZANTES APROPIADOS PARA LA FERTILIZACIÓN

Un amplio rango de fertilizantes, tanto sólidos como líquidos, son adecuados para la fertirrigación, dependiendo de las propiedades fisicoquímicas de la solución fertilizante. Para explotaciones grandes, a gran escala, las fuentes de fertilizantes sólidos son normalmente una alternativa menos cara que las formulaciones líquidas. Las solubilidades de estos fertilizantes varían sensiblemente. Cuando se cambia a una fuente fertilizante sólida, pueden evitarse problemas en los tanques nutritivos asegurándose de que haya suficiente agua agregada a la solución madre.

Deben considerarse cuatro factores principales al elegir fertilizantes para fertirrigación (Kafkafi, 2005):

- Tipo de cultivo y estadio de crecimiento.
- Condiciones del suelo.
- Calidad de agua.
- Disponibilidad y precio del fertilizante.

El tipo de fertilizante para fertirrigación debe ser de alta calidad y de elevada solubilidad y pureza, contener bajos niveles de sales y un pH aceptable, y adecuarse al programa de manejo del establecimiento. Las características de los fertilizantes, así como sus efectos en el suelo y los cultivos, se presentan a continuación.

Hagin y Lowengart-Aycicegi, (1996) enumeraron las principales propiedades relacionadas con la conveniencia de los fertilizantes para el método de inyección. Son las siguientes:

- **Forma.** Los fertilizantes sólidos solubles y líquidos son adecuados para la fertirrigación, dependiendo de la disponibilidad, precio y conveniencia.
- **Solubilidad.** Alta y completa solubilidad son prerequisites para los fertilizantes usados en la fertirrigación. La solubilidad de los fertilizantes en general aumenta con la temperatura, dependiendo del fertilizante.
- **Interacción entre fertilizantes en la solución.** Cuando un tipo de fertilizante o más son preparados y mezclados por el agricultor, o en la línea de riego (en menor medida), debe chequearse la compatibilidad entre ellos. Normalmente deben tomarse en cuenta algunas precauciones básicas:
 - o Asegurarse de que los fertilizantes que se utilizarán sean compatibles para prevenir la precipitación. Evitar especialmente mezclar soluciones fertilizantes que contengan calcio con soluciones que contengan fosfatos o sulfatos cuando el pH en la solución no sea suficientemente ácido.

- Corroborar la solubilidad y la precipitación potencial con la composición química del agua local (Roddy, 2008).
- Chequear la temperatura resultante de mezclar varios tipos de fertilizantes en condiciones de campo. Algunos fertilizantes solos o en combinación pueden bajar la temperatura de la solución a niveles de congelamiento. Sin embargo, cuando se adquieren fertilizantes líquidos listos para su uso, la reacción endotérmica no ocurre en el campo; por eso se pueden alcanzar concentraciones de nutrientes un poco más altas en la solución.
- **Corrosividad.** Pueden ocurrir reacciones químicas entre los fertilizantes y las partes metálicas del sistema de riego. La corrosión puede dañar componentes metálicos del sistema, como tuberías de acero no protegidos, válvulas, filtros y unidades de inyección.

2.3.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FERTILIZACIÓN DE UN VIÑEDO

La vid en su cultivo tradicional responde aparentemente de una forma difícil, complicada y lenta a la fertilización comparativamente a otros cultivos. La respuesta al parecer restringida del viñedo al abonado es consecuencia de su característica general de planta leñosa, así como de la especificidad de su desarrollo, considerando:

- El sistema radicular de la vid, se extiende ampliamente en superficie y profundidad a través de un volumen de tierra considerable que paulatinamente aumenta con la edad de las cepas. A pesar de que la movilización del nitrógeno se realiza con relativa facilidad a través del suelo, la potasa se moviliza de forma dificultosa mientras que para el fósforo la movilización es prácticamente nula.

- En el conjunto de raíces, tronco y brazos de una cepa se constituyen una importante cantidad de reservas, que tamponan su respuesta al abonado. Consecuentemente el sistema vegetativo anual acusa con gran retraso las insuficiencias del suelo y reacciona con gran lentitud a la aportación de materias fertilizantes.
- La naturaleza del portainjerto es de una gran importancia en la respuesta del viñedo al abonado. La cuantía y forma del desarrollo del sistema radicular, así como su característico ciclo vegetativo son factores a tener en cuenta.
- La poda del viñedo, al limitar el desarrollo vegetativo de la cepa, dificulta la exteriorización de los resultados que pudieran derivarse de toda mejor fertilización. La respuesta de un viñedo a la fertilización es consecuencia directa de la carga dejada a las cepas, puesto que el número de yemas en la poda depende del número de hojas y racimos.
- Cuando se practica la fertilización de un viñedo no solo se ve afectada, con mayor o menor intensidad la cosecha actual, sino que se actúa intensamente sobre las siguientes. La fertilización actúa para la cosecha actual, para formar yemas fructíferas en las que se basa la cosecha del año siguiente y por último para crear reservas en las raíces, en el tronco, en los brazos, en los pulgares y varas para las siguientes fructificaciones.
- En todo caso una mayor fertilización equilibrada acaba dando resultados favorables para la producción.

2.3.4 EL RIEGO: NECESIDADES DE AGUA DE LA VID

La vid es una planta que tiene unas relativamente pequeñas necesidades de agua para su cultivo, estimándose que precisa 280-300 litros para formar un kilogramo de materia seca, inferior a la de otros cultivos herbáceos y leñosos mediterráneos. Además la vid tiene un potente sistema radicular que profundiza en el suelo y un gran poder de succión de sus raíces, todo lo cual contribuye a que su cultivo se pueda dar en secano, con precipitaciones que rozan hasta casi los 250 milímetros anuales y con temperaturas extremas en verano que sobrepasan los 40°C, lo que naturalmente se traduce en bajas producciones.

La vid se muestra muy resistente a largos periodos de sequía, pasando por periodos difíciles, pero naturalmente la abundante disponibilidad de agua influye favorablemente en la producción, pero con una posible incidencia directa en la calidad.

El principal problema es que hay que tener en cuenta calidad y producción dentro de un mismo potencial vegetativo, y al hecho de que el cese de crecimiento y la época final de maduración están ligados al régimen hídrico.

La calidad de la uva dentro de una misma variedad se determina durante el periodo de maduración, que se inicia en la parada de crecimiento coincidente con el envero para terminar en la vendimia, aunque destacando que es precisamente hacia el final del proceso cuando se forman los llamados elementos beneficiosos o positivos, de tan gran influencia en la calidad de la uva, mosto y por consecuencia del vino. Las condiciones en las que se desarrolla la actividad fotosintética durante el periodo de maduración y, consecuentemente, su duración, determinan la calidad.

De una forma general los riegos manifiestan e imprimen un potencial vegetativo tanto más elevado cuanto más rico en agua sea

el suelo, a igualdad de todos los demás factores, siempre y cuando no se llegue a un exceso inductor de la asfixia radicular.

Admitiendo un incremento del potencial vegetativo debido al riego, a igualdad de variedad y circunstancias, si se hace un análisis de los mostos para una fecha de vendimia determinada, se encontrará que la maduración de las bayas se inicia más tarde y es más lenta en aquellas parcelas regadas, en particular durante las primeras fases del desarrollo. Consecuentemente, la maduración más lenta de los viñedos regados proviene del retraso inicial del periodo favorable, de un ritmo más débil de la formación de azúcares hacia el principio de la maduración y del crecimiento más importante de las uvas.

Desde el punto de vista fisiológico y cuantitativo es inquietante la tendencia a la exageración de la carga de los viñedos regados en exceso, no habiendo ninguna duda de una influencia favorable del riego en los siguientes puntos: acortamiento de la vida de la viña, reforzamiento de los fenómenos de degeneración y, en ciertos casos, disminución de la calidad de la uva consecuencia de un excedente de producción no acorde con el potencial del viñedo.

Hay casos, sin embargo, en los que una falta de agua puede dar lugar a un descenso de la calidad, lo cual sucede en situaciones áridas, en las que el riego es naturalmente indispensable. Parece ser que cerrados los estomas como consecuencia de la misma, queda interrumpida la succión osmótica y como consecuencia el flujo de agua procedente de la raíz, pero también queda interrumpida la absorción de anhídrido carbónico del aire. La consecuencia no puede ser otra más que una paralización del proceso de asimilación, con la consiguiente merma o interrupción en la producción de glucósidos y el consiguiente consumo por la planta de parte del producido, que había sido acumulado como reserva.

Además el agua constituye el vehículo de las materias tomadas por la planta y elaboradas en las hojas y forma una parte importante de

los órganos agostados y herbáceos. Teniendo cuatro funciones principales: componente del protoplasma, reactivo en la fotosíntesis, hidrólisis del almidón, disolvente de sustancias gaseosas, minerales... y factor esencial para el mantenimiento de la turgencia, condición indispensable para la acción de los estomas y del crecimiento.

Lisarrague, (1997) en su estudio de “Necesidades de agua en la vid” refiriéndose a la respuesta de la misma al riego o a la falta de agua manifiesta lo siguiente: El agua es limitante y condicionante absoluto de las funciones de absorción y circulación, de la transpiración y de la fotosíntesis y, por tanto del desarrollo vegetativo, crecimiento y maduración de los frutos. Los efectos favorables o desfavorables del agua o por el contrario de la sequía pueden resumirse en:

Producción global:

- La mayor cantidad disponible de agua para la vid favorece la actividad fotosintética, produciendo una mayor cantidad de materia seca. En general se modifica la distribución de la materia seca producida, se observan aumentos importantes de tallos anticipados y en general aumenta el porcentaje de racimos.

Vegetativos:

- El agua favorece el crecimiento total de los pámpanos, así como su velocidad, con lo que resulta en un mayor número de entrenudos por pámpano y por tanto brotes secundarios (a su vez más desarrolladas) y de superficie foliar.
- Las hojas desarrolladas en periodos de sequía alcanzan menor tamaño, lo que provoca una disminución de la superficie foliar y, por tanto, de la producción de fotoasimilados.

- Las sequías fuertes con anterioridad al envero pueden provocar la caída del ápice con precocidad sobre la fecha normal, además la senescencia de las hojas se ve adelantada, reduciéndose su vida activa y limitando la producción de azúcares.
- El agua adelanta la formación de la cepa y, por tanto, su entrada en producción además de favorecer el aumento del desarrollo radicular.
- El riego produce un aumento global en la nutrición mineral.
- El agua da lugar a un mayor peso de los sarmientos, de la madera de poda y, por tanto, favorece un mayor vigor.
- La no eliminación del agua puede alargar el ciclo vegetativo.
- El riego retrasa el comienzo del agostamiento, si bien la duración de este periodo permanece sensiblemente constante y aumenta la longitud agostada.

Rendimiento:

- Una correcta alimentación hídrica favorece la iniciación floral y por tanto la fertilidad.
- En condiciones particulares (patrón, variedad, climatología, forma de aplicación...) el riego puede favorecer el corrimiento.
- Algunos autores afirman que el agua puede en ocasiones disminuir la fertilidad por disminución del número de racimos y frutos y del desborre, si bien, estos efectos no están claros, ya que otros autores afirman que el riego permite una formación de botones florales más lenta y constante.

- La no limitación de agua aumenta el peso de la cosecha, el peso de las vallas, el número de éstas, la relación peso de frutos/peso del raspón y la relación peso de pulpa/peso de hollejos.
- La ausencia de sequía, año tras año, permite la consecución de producciones más regulares.

Composición de la uva (calidad):

- El riego en general retrasa la maduración, lo que puede ocasionar problemas en zonas frías de maduración lenta
- Con sistemas de conducción y manejo del viñedo, en general el riego técnicamente bien realizado no disminuye el contenido en azúcares y aumenta el contenido global, si bien en zonas cálidas y áridas, tradicionalmente de alta graduación, la disminución puede ser un objetivo positivo de la aplicación de riego.
- Precipitaciones excesivas y riegos mal aplicados durante periodos críticos en las fases de crecimiento y desarrollo de los frutos pueden ocasionar la disminución proporcional del contenido en azúcares.
- La sequía acusada durante el periodo crítico del invierno y durante la maduración puede ocasionar disminución del contenido en azúcares.
- El riego en ocasiones disminuye el contenido en materias colorantes por la menor proporción de hollejos y el efecto del mayor sombreado si los sistemas de conducción y poda no son adecuados.
- En general, los viñedos regados presentan frutos de mayor acidez tanto en málico como en tartárico y los mostos resultan más herbáceos y tánicos.

- El riego o precipitaciones excesivas en las fases finales del periodo de maduración pueden ocasionar rotura de granos y dilución de los componentes.

Indirectos: por defecto en la técnica de aplicación y momento de riego y técnicas culturales complementarias pueden verse favorecidos los ataques criptogámicos.

En los sistemas de riego tradicional el agua se aplica normalmente en grandes cantidades con intervalos de varios días, o aun semanas entre turnos de riego. Por el contrario, los sistemas de riego por goteo se caracterizan por intervalos más cortos, que duran horas o unos pocos días, que expiden relativamente pequeñas cantidades de agua por unidad de tiempo desde cada emisor. En el riego de inundación o por aspersión el movimiento de agua dentro del suelo sigue un patrón de percolación vertical, unidimensional. En los sistemas de riego por goteo, sin embargo, normalmente se moja una porción de la superficie en dimensión horizontal y vertical del suelo.

El movimiento de agua dentro del suelo sigue un patrón de flujo tridimensional donde hay dos fuerzas que afectan simultáneamente el flujo de agua en el suelo, las que se denominan gravitacional y de capilaridad. En la primera, la gravedad dirige el agua hacia abajo; en cambio, las fuerzas de capilaridad impulsan el agua en todas las direcciones. En el riego por goteo subsuperficial, el patrón de mojado es muy diferente, y el agua puede moverse parcialmente también hacia arriba (Sne, 2006). El porcentaje de área humedecida comparada con el área total cultivada depende del volumen y la dosificación de la descarga en cada punto de emisión, del espaciamiento de los puntos de emisión y del tipo de suelo que se riega (Keller y Bliesner, 1990).

Bresler, (1977) realizó una de las primeras revisiones sobre la distribución del agua desde un punto de emisión en un suelo

homogéneo, compactado a densidad aparente constante. En este trabajo, Bresler pudo mostrar que para un tipo específico de suelo, la distancia vertical y horizontal del agua que se mueve en el suelo con el tiempo desde un punto de emisión es función de la velocidad de la descarga. A una baja velocidad o volumen por unidad de tiempo (2 l h⁻¹), el agua penetra más profundamente en el suelo que la misma cantidad de agua descargada a una tasa de 20 l h⁻¹.

Si bien los principios teóricos de transporte de agua se usan en la planificación de las instalaciones de líneas de riego por goteo (Dasberg y Or, 1999), la distribución real del agua desde un emisor en el campo se ve muy afectada por varios factores relacionados con el suelo. Éstos incluyen el tipo y contenido de arcilla, la preparación mecánica de la superficie y la composición química del suelo, así como su contenido de carbonatos y el desarrollo de salinidad o sodicidad a consecuencia del riego. Investigaciones recientes sobre patrones de distribución que emplean aguas servidas tratadas para el riego por goteo (Tarchitzky et al., 2007) demostraron que los compuestos orgánicos disueltos, presentes en las aguas servidas tratadas, inducen cambios significativos en el movimiento del agua en comparación con el riego realizado con aguas dulces naturales.

2.3.5 EL SUELO

La mejor respuesta al uso de fertilizantes se obtiene si el suelo tiene un nivel elevado de fertilidad. Los principales factores determinantes de la fertilidad del suelo son: la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), la textura, la estructura, la profundidad, el contenido de los nutrientes, la capacidad de almacenamiento, la reacción del suelo y la ausencia de los elementos tóxicos (por ejemplo: aluminio libre). Los suelos difieren ampliamente en estos factores. Para saber cómo mejorar la fertilidad baja o moderada del suelo, los agricultores deberán tener un conocimiento básico de su suelo.

El suelo es la capa superficial de la tierra, la que ha sido transformada muy despacio por la descomposición a través de la acción meteorológica, la acción de la vegetación y del ser humano. El material original del cual un suelo se forma puede ser la roca subyacente o los depósitos de los ríos y de los mares (suelos aluviales) y del viento (suelos eólicos, tales como el loess) o suelos de cenizas volcánicas.

El suelo da soporte a las plantas en forma de una capa permeable para las raíces y es una especie de depósito para los nutrientes y el agua. Dependiendo de su composición, los suelos difieren en su capacidad para proveer los diferentes nutrientes. Contrario a lo que frecuentemente se cree, el color del suelo revela muy poco respecto a la fertilidad del mismo.

2.3.5.1 LOS COMPONENTES DEL SUELO, SU TEXTURA Y ESTRUCTURA

El suelo está compuesto de partículas minerales de tamaños diferentes, procedentes de la alteración del material parental, y de materia orgánica (por ejemplo residuos de plantas y de animales), así como de cantidades variables de agua y de aire.

Las partículas sólidas son clasificadas por tamaño en: piedra y grava (de más de 2 mm de diámetro), arena (de 2,0 a 0,02 mm), limo (de 0,02 a 0,002 mm) y arcilla (menos de 0,002 mm).

La textura del suelo se refiere a las proporciones relativas de arena, limo y arcilla contenidas en el suelo. Dependiendo de su textura, los suelos son descritos como arenosos, francos arenosos, francos, francos arcillosos, arcillosos, etc. Los suelos pueden también ser denominados «ligeros» (por ejemplo arenosos y francos arenosos), «medios» (por ejemplo francos) o «pesados» (por ejemplo francos arcillosos y arcillosos) basados en su facilidad de laboreo.

La estructura del suelo se refiere a la agregación de las partículas del suelo más finas en fragmentos o unidades más grandes. Una mezcla de suelo bien estructurado contiene en volumen aproximadamente 50 por ciento de material sólido y 25 por ciento de aire y agua respectivamente.

La textura del suelo y su estructura son de importancia preponderante para la fertilidad del suelo y, consecuentemente, para el crecimiento de las plantas. Los suelos gruesos (o arenosos) no retienen bien el agua y los nutrientes. Se deben tener cuidados especiales cuando se aplican los fertilizantes para evitar la lixiviación de nutrientes (nitrógeno y potasio). Los suelos arcillosos, por otra parte, pueden acumular humedad y nutrientes, pero pueden tener drenaje y aireación inadecuados.

El laboreo ayuda a aumentar la profundidad del suelo (el volumen de suelo accesible al sistema radicular), pero tiende también a dispersar los agregados del suelo. La materia orgánica, por otra parte, tiende a fortalecer y estabilizar la estructura del suelo, así como la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes.

En las zonas templadas, donde el clima es fresco y húmedo y la descomposición de los residuos de las plantas es baja, los suelos pueden llegar a ser muy ricos en materia orgánica (mayor al cinco por ciento). En las regiones subtropicales caracterizadas por un clima cálido, árido, los suelos son normalmente pobres en contenido de materia orgánica (algunas veces menor al 0,1 por ciento), pero a menudo son de una estructura excelente debido a la abundancia de calcio. Muchos suelos en los trópicos, en donde la materia orgánica rápidamente desaparece del suelo bajo la influencia del clima y de la actividad microbiológica, deben su estructura estable a los óxidos de hierro y de aluminio.

2.3.5.2 RETENCIÓN Y LIBERACIÓN DE LOS NUTRIENTES POR EL SUELO

La descomposición del material rocoso forma los suelos y libera los nutrientes. El contenido mineral original del material rocoso y la naturaleza e intensidad del proceso de descomposición determinan la clase y cantidad de nutrientes que son liberados.

Las arcillas (minerales arcillosos) y la materia orgánica (en menor medida también los hidróxidos de hierro) retienen nutrientes en una forma disponible para la planta, es decir los nutrientes están ligados a estos componentes del suelo (complejo de adsorción).

La capacidad del suelo para retener una cierta cantidad de nutrientes (almacenamiento o capacidad de adsorción) determina la fertilidad natural de un suelo.

Los nutrientes tienen cargas positivas (+) (cationes) o cargas negativas (-) (aniones). De acuerdo a estas cargas los nutrientes son atraídos por los minerales arcillosos y la materia orgánica como bolitas de hierro atraídas por un imán.

En la llamada solución del suelo, el agua del suelo contiene los nutrientes en una forma disponible para las plantas. La raíz de la planta puede absorber los nutrientes sólo en forma disuelta.

De ahí que dichos nutrientes deben ser liberados del complejo de adsorción en la solución del suelo para ser efectivamente disponibles para la planta.

En el suelo existe un equilibrio (balance) entre los nutrientes adsorbidos en el complejo arcillo-húmico y los nutrientes liberados en la solución del suelo. Si este equilibrio es alterado, por ejemplo por la absorción de los nutrientes a través de las raíces de las plantas, los nutrientes son liberados del complejo de adsorción para

establecer un nuevo equilibrio. En este proceso, los cationes son reemplazados por Ca^{2+} , Mg^{2+} procedentes del material sólido (nutrientes no disueltos) o por iones H^+ , mientras los aniones son reemplazados por OH^- ($\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{agua}$). Los nutrientes liberados se mueven de la solución más concentrada en la proximidad del complejo de adsorción a la solución de más baja concentración en la vecindad de las raíces. Este proceso de movimiento de nutrientes desde el complejo de adsorción a las raíces es llamado difusión.

En suelos dejados sin cultivar por algún tiempo (barbecho), los nutrientes liberados en la solución del suelo se acumulan. Esto ocurre en particular con el nitrógeno derivado de la descomposición de la materia orgánica. Este puede tener un efecto ambiental negativo, dado que en suelos con textura ligera, y bajo condiciones de humedad, la mayor parte del nitrógeno acumulado sería lixiviado (arrastrado) al agua de superficie (o se perdería debido a la desnitrificación); el potasio acumulado puede también perderse por lixiviación.

En condiciones semiáridas, los nutrientes (por ejemplo: cloruros y sulfatos de sodio, calcio y magnesio) pueden moverse, con la evaporación del agua, a la superficie y causar daños por exceso de salinidad a los cultivos desarrollados después del período de barbecho. Sin embargo, los suelos viejos sometidos a la acción del clima, que han perdido la mayoría de los cationes, tienen un gran excedente de cargas negativas. Tales suelos retendrán los cationes de nutrientes aplicados.

La fuerza de atracción por el complejo de adsorción difiere con nutrientes diferentes (cationes y aniones). Con cationes es influenciada esencialmente por la hidratación y por la carga que ellos llevan. El aluminio (Al_3^+) es más fuertemente mantenido por el complejo de adsorción, seguido por los microelementos metálicos (hierro, manganeso, zinc) y potasio (K^+), amonio (NH_4^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Con los aniones, el fosfato (PO_4^{3-}), el cual es elevadamente inmóvil, es fuertemente mantenido por las

posiciones cargadas positivamente de ciertos minerales arcillosos y componentes del suelo como calcio, hierro y aluminio. Por el contrario, el cloro (Cl^-) y el nitrato (NO_3^-) tienden a permanecer en la solución del suelo, permaneciendo móviles y moviéndose con el agua del suelo a las raíces (flujo de masa) cuando las plantas absorben agua, o son lixiviados. El sulfato (SO_4^{2-}), como el nitrato permanece relativamente móvil y es también sujeto a lixiviación.

Cuando el abono orgánico, el compost y los fertilizantes son aplicados en un suelo cuyo contenido natural propio no puede suplir los nutrientes necesarios para el óptimo crecimiento de la planta, los fertilizantes agregados se descomponen y disuelven, y sus cationes y aniones se comportan como se ha descrito anteriormente.

El proceso de la adsorción de los nutrientes y la liberación en la solución del suelo es muy importante. En particular la diferencia en la fuerza de adsorción de los cationes y aniones tiene una influencia importante en cómo y cuándo aplicar fertilizantes (en particular fertilizantes nitrogenados) a fin de recibir la mayor eficiencia y evitar la contaminación por lixiviación.

2.3.5.3 DISTRIBUCIÓN DE LAS RAICES EN EL SUELO

La distribución de agua y nutrientes en suelos bajo riego por goteo es vital para determinar el patrón de distribución de raíces. Esta distribución varía y depende de numerosos factores, que incluyen el tiempo, el tipo de cultivo, la humedad y la temperatura del suelo, y el tipo y la concentración de fertilizante nitrogenado. En la zona saturada debajo de la descarga del gotero, las raíces mueren rápidamente debido a la falta de oxígeno en el suelo (Huck y Hillel, 1983) y, por lo tanto, las raíces vivas se encuentran solamente en el espacio de suelo que provee tanto de humedad como de oxígeno.

El riego por goteo permite la entrega directa de agua desde la fuente emisora al punto de demanda, cercano a una planta en crecimiento,

con mínimas pérdidas de agua por evaporación desde áreas de suelo no cubiertas por plantas. Las raíces de las plantas proliferan donde el agua y los nutrientes están disponibles

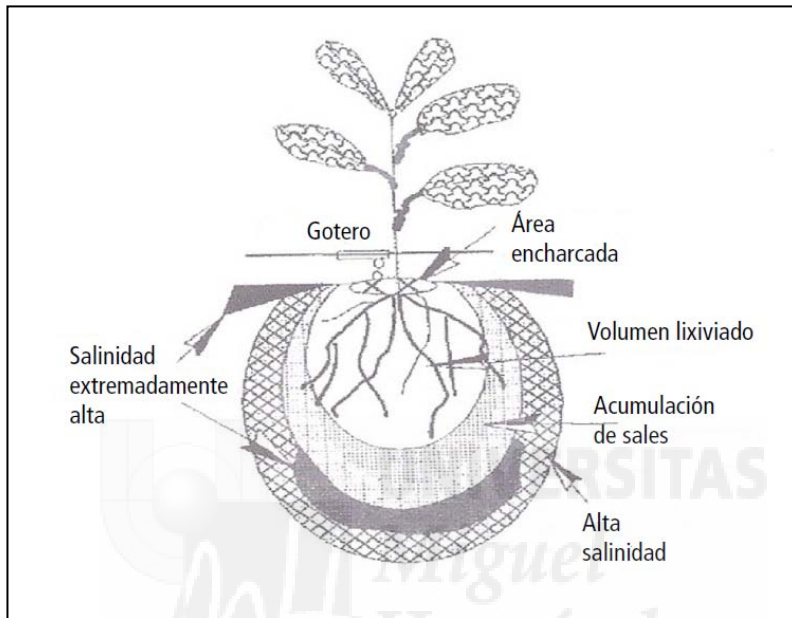


Figura 2.3 Distribución de sales en un volumen de suelo húmedo debajo del emisor

Aplicaciones frecuentes y pequeñas de agua en el riego por goteo inducen sistemas radiculares someros y compactos (Sne, 2006) en comparación con sistemas radiculares más profundos y extendidos en cultivos regados por aspersión o por inundación. En contraste, a causa de una mejor aireación y nutrición en la zona de transición del volumen de suelo regado por goteo, la densidad de las raíces finas es significativamente más alta que en los sistemas radiculares que crecen bajo sistemas de riego por aspersión (Sne, 2006). Por lo tanto, los agricultores deben evitar la compactación del suelo en las zonas de plantación durante la preparación del suelo (Huck, 1970).

2.3.5.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS SALES Y NUTRIENTES

El patrón de penetración de agua tiene influencia adicional en la distribución de nutrientes y de sales en el volumen de suelo mojado. Con el riego por surcos, las sales tienden a acumularse en la línea de siembra debido a que el lavado ocurre primariamente debajo del surco de riego. Los sistemas de riego por inundación y por aspersión que mojan el volumen completo de suelo crean un perfil que aumenta sostenidamente en salinidad con la profundidad del suelo hacia el fondo de la zona de raíces (Hoffman et al., 1990).

En sistemas de riego por goteo, el mojado más superficial implica que áreas de mojado superficial están expuestas a la evaporación directa de agua y a una gradual acumulación de sales en la superficie del suelo. Los ciclos repetidos de riego y de evaporación crean un área de lavado justo debajo del gotero, y la sal se acumula en los bordes del volumen mojado en la superficie del suelo (Kafkafi y Bar-Yosef, 1980). La distribución de sales en la zona de mojado se presenta en la Figura 2.3 (Kremmer y Kenig, 1996).

Cuando se agrega al suelo un soluto no absorbible (por ejemplo, nitrato o cloruro) por vía del agua de riego, se espera que el gradiente de concentración resultante en el suelo sea similar a la distribución de una sal. En contraste, los nutrientes absorbibles (por ejemplo, fósforo, potasio y amonio) son de baja movilidad en el suelo. En suelos arcillosos y arenosos, la distribución de nitratos es similar a la distribución del agua. Por el contrario, el movimiento del fósforo está restringido a una distancia aproximada de 11 cm y 6 cm desde el emisor, en suelos arenosos y arcillosos, respectivamente, según observaron Bar-Yosef y Sheikolslami, (1976). El potasio es fuertemente retenido en suelos arcillosos, en especial en presencia de illita. La fertirrigación con fósforo en riego por aspersión debería evitarse, debido a que el movimiento de este nutriente es más limitado aún que en el riego por goteo.

2.4 *BALANCE MINERAL*

El abonado de mantenimiento está destinado a compensar las exportaciones netas de las viñas. Un balance teórico de fertilización permite apreciar las necesidades en elementos fertilizantes.

Entradas (E)	Salidas (S)
<ul style="list-style-type: none"> - Mineralización de la materia orgánica - Residuos orgánicos (sarmientos, follaje....) - Precipitaciones atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosecha - Lavado: K, Mg, Ca, N - Fijación por el suelo: K, P - Malas hierbas y órganos perennes
Reservas asimilables (R)	

Fertilización si: $E + R < S$

En la práctica no es posible calcular este balance teórico. El viticultor dispone, sin embargo, de medios para apreciar el estado de salud fisiológica de la planta y frenar los problemas debidos a un desequilibrio, una insuficiencia o un exceso de uno o varios elementos nutritivos.

2.5 DIAGNÓSTICO DEL VIÑEDO

La observación del viñedo y el análisis de los resultados de la producción en el momento de la cosecha (rendimiento y calidad) visualizan los elementos de apreciación de las necesidades de la vid, del nivel de alimentación a lo largo de la campaña y de las reacciones de la vid en el transcurso del año.

- Vigor: se aprecia por la importancia de la madera y de la masa foliar; una vid vigorosa tiene un crecimiento activo, ramas con entrenudos largos, numerosos anticipados (nietos), un número importante de racimos; por el contrario una viña débil o poco vigorosa tiene una vegetación poco vigorosa, pocas ramificaciones con entrenudos cortos y una pobre producción.
- Estado sanitario: el exceso de vigor de las vides se acompaña a menudo de una sensibilidad mayor a las enfermedades del follaje y de los racimos; la reducción del vigor que se impone si se desea mantener un follaje activo y obtener una vendimia madura y sana, conduce al viticultor a disminuir los aportes de materiales fertilizantes, incluso a enyerbar para favorecer la competencia para la explotación de las reservas del suelo
- Análisis parcelario: el conocimiento del rendimiento y del estado de madurez de cada una de las parcelas es un modo de apreciar la capacidad de las viñas de explotar las reservas del suelo. Un rendimiento elevado y una madurez imperfecta (bajo contenido en azúcares y en polifenoles y acidez elevada) pueden ser el indicativo de un exceso de alimentación hídrica y mineral. Cuando el rendimiento y el vigor son bajos, es necesario buscar entre las causas de ese debilitamiento, aquellas que estén ligadas a la alimentación hídrica y mineral.

- **Diagnostico foliar:** partiendo desde el principio de que las hojas son el laboratorio de la planta, el método consiste en controlar la alimentación mineral por el análisis de éstas. Los criterios de una buena alimentación mineral se establecen en los viñedos de referencia que producen bien y regularmente. Los resultados del análisis de los viñedos donde quiere determinarse el abonado se comparan con estos criterios. Solo el control periódico de la parcela permite apreciar el aumento o la disminución de los contenidos en elementos fertilizantes absorbidos por las plantas, lo cual permite corregir un exceso o déficit de alimentación de cualquier elemento. Así concebido, el análisis foliar es un instrumento de interés para la planificación razonada de la fertilización.

Análisis del suelo: Un análisis periódico cada 5 años más o menos, permite seguir al igual que con las hojas, la evolución de los contenidos en elementos minerales disponibles en el suelo. No permite por sí solo fijar las cantidades a aportar pero ponen a nuestra disposición los valores cuantificados de las reservas del suelo.

2.6 ANÁLISIS FOLIAR

El fundamento del análisis foliar, descansa en que la producción de las plantas depende de la concentración de los nutrientes en los tejidos en determinadas épocas del año, valorándose en la interpretación la interacción de los nutrientes que determinan el balance global (Fregoni, 1999), pues hay elementos antagónicos, como el potasio y magnesio o sinérgicos, como el nitrógeno y el calcio (Razeto, 2006).

El análisis del tejido vegetal se ha considerado la forma directa de la evaluación del estado nutricional de las plantas, pero, para ello, es necesario evaluar una parte bien específica de la planta, esta parte específica es el tejido de la hoja que es el más utilizado (Malavolta, 2006; Mourão Filho, 2003; Hallmark y Beverly, 1991; Beaufils, 1973).

El tejido de la hoja se considera la parte más importante de la planta donde la activación fisiológica ocurre y este tejido muestra fácilmente la alteración nutricional. Para utilizar el tejido de la hoja es necesario disponer de los análisis químicos. Además, para evaluar el estado nutricional existe la necesidad de disponer de hoja estándar en la muestra, y el tipo de la hoja depende del cultivo que se tiene la intención de evaluar.

En general, los sistemas de diagnóstico de la planta compararán la concentración de nutrientes en los tejidos vegetales con respecto a las concentraciones de referencia obtenidos de una población con un estado nutricional óptimo, de acuerdo con los objetivos de producción (rendimiento, aptitud de calidad / vino, etc.) (Walworth y Sumner, 1987; Lucena, 1997; Mourao Filho, 2004).

Varios métodos de diagnóstico se utilizan para evaluar el estado nutricional de un cultivo, incluyendo el análisis de savia, los análisis de metabolitos activos (por ejemplo, $N-NO_3^-$ en peciolo), o estudios

de las actividades enzimáticas específicas. Sin embargo, el análisis mineral de limbos y peciolos son todavía los más utilizados (Cook y Kishaba, 1956; Bonilla et al, 1980; Montañés y otros, 1993; Lucena, 1997; Robinson, 2005).

La relación entre productividad y estado nutricional de la planta se cumple cuando todos los factores de la producción se encuentran en un nivel adecuado o próximo a la normalidad. Esta relación no se mantiene constante en todas las circunstancias en un ecosistema (Silva y Rodríguez, 1995).

Para planificar una correcta fertilización que permita obtener un mosto de calidad, es necesario conocer el nivel deseable de cada nutriente en tejidos representativos del estado nutricional de la planta. Una vez establecido el óptimo, se podrá definir el exceso y la deficiencia de cada uno de ellos y, a partir de ahí, controlar la nutrición mediante diagnóstico de los tejidos elegidos. La relación entre el contenido del órgano analizado y el rendimiento y la calidad de la vendimia son indispensables para establecer el contenido óptimo (válidos para una variedad dada en un medio dado y un tejido concreto), y constituyen las bases sobre las cuales se podrá aplicar un diagnóstico nutricional con garantías (Champagnol, 1990). Sin embargo, numerosos autores han constatado las dificultades para establecer relaciones entre estos parámetros y el contenido en nutrientes del material foliar debido a que rendimiento y calidad dependen de muchas variables diferentes: material vegetal, prácticas culturales, variaciones climáticas,... y su relación no se ha establecido aún claramente (Delas, 1990; Champagnol, 1990; Failla et al., 1997).

Según Marschner, (1995), se requieren estándares para regiones y localidades, ya que existirían niveles óptimos para cada elemento, dependiendo de la situación en que se encuentra el cultivo. Al respecto, Silva y Rodríguez (1995) mencionan que los estándares nutricionales no difieren significativamente unos de otros, a pesar de las condiciones relativamente distintas en que se han establecido.

Sin embargo, estos estándares deben ser ajustados a las condiciones varietales, ambientales y de manejo de la viticultura en cada región.

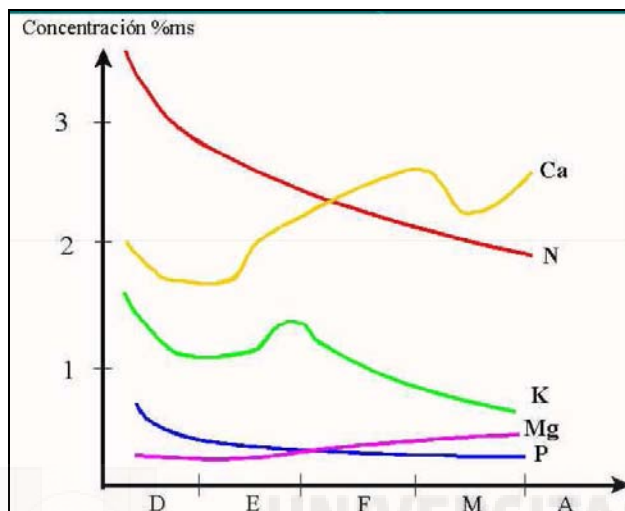


Figura 2.4. Evolución del contenido foliar de N, P, K, Ca, Mg en el ciclo de la vid

Adicionalmente, se requiere de un sistema o paquete tecnológico que apoye el control nutricional permitiendo la comparación con un estándar en diferentes momentos durante la temporada, generando en la práctica lo conocido como “Seguimiento Secuencial de Nutrientes”, permitiendo satisfacer la demanda de nutrientes en vides bajo condiciones de alta productividad y calidad de la fruta, optando por un uso racional de los fertilizantes y maximizando las utilidades.

La interpretación de los contenidos de nutrientes en los análisis de las hojas se puede hacer por varios métodos. Los métodos de nivel crítico y el rango de suficiencia se utilizan con más frecuencia (Beaufils, 1973; Walworth y Sumner, 1987; Mourão Filho, 2004; Serra et al, 2010a y 2010b; Camacho et al, 2012; Serra et al, 2012).

Debido a esto, se han propuesto varios métodos para la interpretación de los análisis de material vegetal: el método de los rangos de suficiencia (SR), el método de los valores críticos, el

método DRIS (diagnosis and recommendation integrated system) (sistema integrado de diagnóstico y recomendación), o DOP (desviación del porcentaje óptimo). Sin embargo, como en otros cultivos, los valores críticos y SR son las metodologías más utilizadas para el diagnóstico nutricional en limbo y pecíolo en muestras de hojas de vid (Loue, 1990; Failla et al, 1995 y 1997; Ciesielska et al, 2002; Robinson, 2005; García-Escudero et al., 2013).

Existen otros sistemas de diagnóstico, tales como: composición de los nutrientes de diagnóstico (CND) (Padres y Dafir, 1992), el análisis de la planta con puntajes estandarizados (PASS) (Baldock y Schulte, 1996).

Actualmente, con los avances en los campos de la nutrición y mejora vegetal, se puede indicar que los estándares de niveles nutritivos en hoja son insuficientes para conseguir la mejor cosecha (Giménez et al., 2006).

Recopilando los niveles foliares utilizados hoy en día en Vid, existen infinidad de tablas para la interpretación foliar de los macronutrientes sin apenas diferencias entre ellas. Todas estas tablas son genéricas para Vid, utilizándose para todas las variedades pertenecientes a los mismos grupos, blancas y tintas, las mismas tablas de interpretación.

En España hay estudios para algunas variedades, con mayor o menor número de parcelas, y para diferentes tejidos y momentos fenológicos: Sipiora, (1996) propuso valores para las variedades Chenin blanc y Pinot noir en la D.O. Somontano; Gutiérrez y Darías, (1998) para las variedades Verdelló, Gual y Listan blanco en Tenerife; Rodríguez-Lovelle y García-Rodejas, (1994) para la variedad Godello en la D.O. Valdeorras; González-Andrés y Berberana, (2002) Tempranillo en la D.O. Cigales y Giner et al. (2004) para Tempranillo y bobal en Utiel-Requena.

La coyuntura agraria europea, y en especial la española, están potenciando los sistemas de Producción Integrada (P.I.) buscando un equilibrio entre la racionalización de los medios de producción y la productividad de las explotaciones. Contemplan como práctica previa el análisis del conjunto suelo-agua-planta, de tal forma que se determinen las necesidades de nutrientes minimizando el impacto ambiental.

En diferentes zonas de cultivo de Vid se pueden encontrar diferentes tablas de interpretación para los análisis foliares. Dentro de la numerosas especificaciones de la P.I. en las diferentes comunidades cabe citar, las normas técnicas de P.I. en la Comunidad Valenciana (Tabla 2.3), las normas técnicas de P.I. en la Región en Murcia (Tabla 2.4), las normas técnicas de P.I. en Cataluña (Tabla 2.5) y las normas técnicas de P.I. en Galicia (Tabla 2.6).

Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, de la Generalitat Valenciana

Normas para la producción integrada en vid, en el ámbito de la Comunitat Valenciana.

Tabla 2.3 Niveles críticos de nutrientes en hojas de viña de vinificación

ELEMENTO	CARENCIA	ÓPTIMO	EXCESO
Nitrógeno %MS	<2,25	2,65-2,85	>3,00
Fósforo %MS	<0,10	0,15-0,19	>0,21
Potasio %MS	<0,50	0,70-0,90	>1,10
Magnesio %MS	<0,22	0,37-0,52	>0,62
Calcio %MS	<2,50	3,00-4,00	>4,50
Hierro ppm.	<150	250-450	>550
Zinc ppm.	<5	15-25	>50
Manganeso ppm.	<40	60-140	>200
Boro ppm.	<15	25-40	>60

Consejería de Agricultura y Agua, de la región de Murcia
Normas técnicas de producción integrada en el cultivo de vid.

Tabla 2.4 Contenidos máximos de macroelementos admisibles en hojas de vid,

ELEMENTOS	CONTENIDOS MAXIMOS ADMISIBLES EN HOJAS DE VID (Fregoni, 1985)
Nitrógeno (N)	2,80 %
Fósforo (P)	0,26 %
Potasio (K)	1,60 %
Calcio (Ca)	3,70 %
Magnesio(Mg)	0,30 %

Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural

Tabla 2.5 *Uva de vinificación*

Elemento		Bajo	Normal	Alto	M.Alto
Nitrógeno	N (%)	< 1,80	1,80 - 2,35	2,35 - 3,0	>3,0
Fosforo	P (%)	< 0,11	0,11 - 0,22	> 0,22	-
Potasio	K (%)	< 0,80	0,80 - 1,50	1,50 - 2,10	> 2,10
Calcio	Ca (%)	< 1,30	1,30 - 3,00	> 3,00	-
Magnesio	Mg (%)	< 0,18	0,18 - 0,50	0,50 - 0,70	> 0,70
Azufre	S (%)	< 0,10	0,10 - 0,25	0,25 - 0,40	> 0,40
Hierro	Fe (ppm)	< 40	40 - 175	> 175	-
Magnesio	MN (ppm)	< 20	20 - 100	100 - 200	> 200
Zinc	Zn (ppm)	< 15	12 - 40	40 - 100	> 100
Cobre	Cu (ppm)	< 5	5 - 20	20 - 100	> 100
Boro	B (ppm)	< 15	15 - 75	75 - 125	> 125
Sodio	Na (ppm)		<500	>500	-

*CONSELLERÍA DE POLÍTICA AGROALIMENTARIA E
DESENVOLVEMENTO RURAL*

Tabla 2.6 Reglamento técnico específico de producción Integrada de Viñedo

Niveles Máximos de Nutrientes en hoja de Vid	
Elemento	Cantidad Máxima
Nitrógeno (N)	3,00%
Fósforo (P)	0,25%
Potasio (K)	1,50%
Calcio (Ca)	4,00%
Magnesio(Mg)	0,60%

2.7 NIVEL O CONCENTRACIÓN CRÍTICA

La relación entre la disponibilidad del nutriente en el medio de crecimiento y el contenido del nutriente en la planta, es usada junto con los métodos del análisis foliar y de planta, para diagnosticar la disponibilidad del nutriente en el suelo, ya que la planta necesita un cierto nivel de un nutriente en sus tejidos para un buen crecimiento y desarrollo. Este nivel crítico es diferente para cada nutriente de la planta. Un concepto básico en la interpretación del estado nutricional de los cultivos mediante el análisis de tejidos es la “concentración crítica”, la cual se define como: aquella concentración de un nutriente en el tejido justo por debajo del nivel de crecimiento óptimo. Generalmente se asocia con una disminución del 5-10% del crecimiento o rendimiento máximo.

Hay numerosas publicaciones que presentan los valores de concentración crítica de nutrientes para los principales cultivos

agrícolas, pero dos de las más completas son las de Jones et al. (1991) y Martin-Prevel et al. (1987).

Los valores límite o críticos son específicos para cada cultivo y se refieren a la concentración del elemento en la planta, por arriba de la cual no habrá respuesta a la fertilización o en algunos casos a la concentración por debajo de la cual se presentarán síntomas de deficiencia y por consiguiente la disminución del rendimiento. Estos valores mínimos tienen fuertes limitaciones que restringen su uso de forma generalizada, ya que en primer lugar no se dispone de información para todos los cultivos y menos aún para los diferentes genotipos, lo que representa un problema no fácil de resolver, porque los valores encontrados en la bibliografía no son extrapolables, para todos los cultivos, todas las variedades y todas las zonas en que estos se producen. Por lo tanto, el valor de la concentración de un solo nutriente tiene poco significado ya que se tienen que considerar otros factores, tales como el balance nutricional, las condiciones edáficas y las características genotípicas del cultivo.

Existe información sobre los niveles críticos que es valiosa y de gran utilidad, cuando se usa apropiadamente, ya que puede ser un punto de apoyo en la interpretación de los análisis y puede considerarse como un índice del estado nutricional de las plantas, al ser comparados con los obtenidos en el análisis, pero sin olvidar nunca que su mayor utilidad dependerá de la información complementaria de que se disponga. Así pues, es evidente la necesidad de obtener mejores estándares de comparación para la mayoría de los cultivos.

2.8 RANGOS DE SUFICIENCIA

Otra forma de interpretar los niveles de nutrientes en planta es relacionarlos con un rango de suficiencia de concentraciones, o sea un intervalo óptimo de concentraciones. Dentro de este rango el suministro de nutrientes sería adecuado. Cuando el nivel de

nutriente en la planta está por debajo de ese rango probablemente ocurra deficiencia del mismo, mientras que si está por encima probablemente ocurre toxicidad. El rango de suficiencia de concentraciones permitiría un manejo más flexible de los datos.

El método SR utiliza una comparación de la concentración de nutrientes con respecto a diferentes gamas de valores, clasificando así cada concentración de nutrientes como deficiente, bajo, adecuada, alta o excesiva (Lucena, 1997; Robinson, 2005; García-Escudero et al., 2013).

2.9 MÉTODO DRIS

La palabra DRIS es el acrónimo de Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (Diagnosis and Recommendation Integrated System). Este sistema consiste en un conjunto de normas de diagnóstico, las cuales representan calibraciones de la composición de los tejidos, la composición del suelo, parámetros ambientales y prácticas de manejo en función del rendimiento de un cultivo en particular. El sistema, primeramente llamado sistema de diagnóstico fisiológico, fue diseñado para:

- a) proporcionar un diagnóstico válido sin considerar la edad de la planta o el tejido,
- b) ordenar los nutrientes según el grado de deficiencia y
- c) acentuar la importancia del balance de nutrientes.

Una de las bases del DRIS es que emplea fundamentalmente relaciones de nutrientes y no concentraciones de los mismos. Estas relaciones permiten que las variaciones ocasionadas por la edad de la planta tengan menos influencia y, por lo tanto, del momento de muestreo. En general, las concentraciones de nutrientes como N, P, K y S tienden a decrecer con la edad, mientras que las de otros como Ca, tienden a incrementar. De la edad de la planta, depende tanto el valor crítico como el rango de suficiencia. Según Beaufils,

(1973) si las concentraciones de por ej., N, P y K decrecen al avanzar la edad de la planta, sus relaciones permanecerán más constantes.

Este método utiliza para la definición de sus normas una gran base de datos, pero lo más importante es que esos datos no provienen básicamente de ensayos experimentales, sino de cultivos comerciales. En esa gran cantidad de datos, distingue dos poblaciones: una de alto rendimiento y otra de bajo rendimiento. Los datos extraídos de estas dos poblaciones son utilizados para establecer los promedios o normas DRIS, coeficientes de variación, varianzas, desviación estándar.

Comparado con el nivel crítico o con el rango de suficiencia, el DRIS es un método más sensible en identificar necesidades de uno o más nutrientes para las plantas. Permitiría, además, hacer más extrapolables los datos provenientes de otra región.

El sistema DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System), fue propuesto originalmente por Beaufils, (1973), a partir de trabajos sobre fisiología y nutrición vegetal, primero con el cultivo del caucho (Beaufils, 1971) en Vietnam y posteriormente con maíz y caña de azúcar en Sudáfrica (Beaufils, 1957, 1971, 1976, 1977).

Beaufils (1973), presenta al DRIS como una alternativa al método clásico experimental de campo consistente en comparar el efecto de varios tratamientos, en función de las dificultades y limitaciones que introducen en estos experimentos, la acción de numerosos factores incontrolables y no evaluados, los cuales son meramente incluidos como estimaciones de error experimental. Como ejemplo de esas limitaciones en los experimentos con fertilizantes señala lo siguiente:

- a) Los efectos observados como consecuencia de las respuestas de las plantas a los fertilizantes, constituyen el

resultado de una compleja cadena de reacciones, generalmente no definidas o conocidas.

- b) Dichas reacciones son determinadas por las características particulares del sitio de experimentación, las cuales nunca podrían ser exactamente reproducidas en el tiempo y en el espacio, características que sí podrían ser reproducidas, bajo las condiciones de un experimento de laboratorio. Debido a estas dificultades los resultados y condiciones logradas en un determinado sitio experimental, muy raramente pueden ser extrapoladas.
- c) Debido a que solo muy pocos factores pueden ser variados simultáneamente en los experimentos de campo (usualmente N, P y K en forma de fertilizante compuesto), los resultados y conclusiones obtenidos podrían estar tergiversados, debido a la actuación de un factor desconocido, no determinado, descartado o insospechado, que actuase como un factor limitante.
- d) La presencia de un factor adverso accidental, que reste valor a la información.
- e) Los requerimientos de repetición en el tiempo y en el espacio, propio de los experimentos de campo, hacen que estos sean costosos y consumidores de mucho tiempo.

Como conclusión a todas esas limitaciones, Beaufils, (1973) indica que estas podrían alterar los resultados y restringir la experimentación. Como consecuencia, una gran proporción de los experimentos de campo, no tendrían utilidad o aun peor, causarían más desorientación que una adecuada referencia. Plantea entonces, que debido a la importancia de sortear las limitaciones expuestas, se requeriría de un método capaz de minimizarlas, siendo esta la razón por la cual fue desarrollado y propuesto el método denominado DRIS. Además señala a continuación que, la principal idea de esta metodología estriba en “reproducir las condiciones de campo en un

ordenador, es decir, de forma similar a lo que podría hacerse en un laboratorio, de manera tal que se facilite el estudio de la influencia de un gran número de factores condicionantes del rendimiento bajo un conjunto de circunstancias deseadas preseleccionadas”

La aproximación experimental propuesta por Beaufils, se fundamenta en las siguientes premisas.

1. Desde el punto de vista de la respuesta de la planta, cualquier cambio en las condiciones que sobre ellas actúen, bien sean estas deliberadamente provocadas por el hombre o no, resultan en la realidad en un tratamiento. De allí que deben estudiarse sin discriminación ambos tipos de influencias sobre las plantas.
2. Debido a que tales tratamientos pueden influenciar cualquier factor de cualquier naturaleza, implicado en el sistema dinámico planta-ambiente a través de una cadena de reacciones; entonces, de ser posible, todos y cada uno de estos factores deben ser estudiados sin discriminación.
3. Debido a que cualquier conjunto de observaciones obtenidas en un sitio determinado, bien bajo condiciones provocadas o no, solo representan una determinada muestra del fenómeno total a ser observado, cualquiera de esas observaciones y cualquiera que sea su origen y localización necesitan ser estudiadas sin discriminación.

De las consideraciones expuestas se propuso el siguiente esquema:

“La observación de cualquier componente de un sistema es considerada análoga a la replicación de un experimento tradicional de observaciones ilimitadas, (si es suficientemente grande el número de observaciones) y localizadas al azar en el cultivo, (si las observaciones están suficientemente dispersas en el espacio)”. Por tal razonamiento, recomendó la recolección de la información

mediante la metodología del “encuesta” o prospección de un cultivo.

El sistema así diseñado permite estudiar las siguientes relaciones, (presentadas de una manera esquemática).

- a) Propiedades del suelo - Respuesta de la planta - Rendimiento.
- b) Condiciones climáticas - Respuesta de la planta - Rendimiento.
- c) Practicas agronómicas - Respuesta de la planta - Rendimiento.
- d) Tratamientos al suelo-Propiedades del suelo-Respuesta del suelo.
- e) Respuesta del suelo - Condiciones climáticas-Practiclas Agronómicas- Respuesta de la planta.
- f) Respuesta de la planta (sumatoria de caracteres internos)- Rendimiento.

Agrega Beaufils, (1973), que dichas relaciones pueden ser progresivamente establecidas y progresivamente recalibradas. Por ejemplo, si la diversidad de condiciones en las hojas, etc. son identificadas conjuntamente con el rendimiento y posteriormente reproducidas en el laboratorio, este proceso permitiría estudiar la relación y la influencia de cualquiera de esos factores sobre el rendimiento. Continúa señalando que con suficiente información aleatoria, se facilitan las siguientes acciones:

- g) Preseleccionar todas las observaciones obtenidas, que se corresponden con la condición deseada por el investigador, utilizando clases o intervalos para cada parámetro o factor en consideración.
- h) Estudiar el efecto de las variaciones de cada factor, utilizando diseños estadísticos clásicos.

- i) Reajustar un factor o una condición cada vez que sea necesario, utilizando técnicas de aproximación sucesiva y simultánea.
- j) Recomponer el diseño a voluntad para estudiar un determinado factor específico.
- k) Establecer un sistema de calibración mediante el uso de coeficientes de regresión u otro factor calibrador para formular cualquier tipo de relación casual que pueda ocurrir bajo las condiciones analizadas.

Según Sumner, (1977), el método DRIS consiste en un conjunto integrado de normas, desarrolladas para evaluar el estado nutricional de un cultivo. Estas normas representan las calibraciones de la composición del tejido de la planta, la composición del suelo, los parámetros del medio ambiente y las prácticas culturales, como funciones de la producción obtenida en un cultivo en particular. Por lo tanto, el DRIS integra más íntimamente el balance nutricional de la planta y el suelo e incorpora también, otros factores tales como, la edad de la planta y el clima en el diagnóstico, permitiendo así hacer recomendaciones precisas sobre el manejo de los cultivos.

Evaluar el estado nutricional consiste en realizar una comparación entre una muestra cualquiera y un patrón o estándar de comparación, el cual ha sido denominado como norma. La muestra puede estar constituida por una sola planta o por un grupo de plantas y las normas son definidas como los contenidos de los elementos nutrientes en la planta o un conjunto de plantas “normales” desde el punto de vista de su estado nutricional. Malavolta, et al. (1997), definen como plantas “normales” a aquellas que teniendo en sus tejidos todos los elementos en cantidades y proporciones adecuadas, son de alta producción y presentan una apariencia externa sana.

La razón de esta definición parte de la situación que las plantas bajo condiciones anormales (limitantes), no pueden expresar su óptimo potencial productivo. Dicho en otras palabras, altos niveles de

producción solo pueden conseguirse cuando todos los factores que determinan la productividad, entre ellos los factores nutricionales, se encuentran en condiciones normales (Andrew, 1968; Beaufils, 1973; Malavolta, 1997; Webb, 1972).

Muños, (1990), expresa que una premisa conceptual del DRIS se refiere a que, aún cuando las concentraciones de uno o de todos los elementos de la planta estén en su óptimo, el nivel de su rendimiento puede ser alto, bajo o medio, dependiendo de uno o más de los otros factores limitantes del rendimiento. Esos otros factores son muy variados, como por ejemplo, el nivel entre los nutrientes, prácticas culturales, enfermedades, plagas, malezas, humedad del suelo, densidad de población, temperatura características del suelo, etc.

Debido a la naturaleza dinámica de la composición foliar, el proceso de diagnóstico debe tratarse como un ejercicio complejo y no limitarse a la simple comparación individual de los resultados analíticos de cada nutriente, contra valores críticos o contra los rangos de suficiencia correspondientes (Sumner, 1979). Con base a esta premisa, varios trabajos han comparado la precisión del diagnóstico entre el sistema DRIS y el de valores críticos, el de los rangos de suficiencia y el DOP, dando por resultando que los análisis mediante el sistema de diagnóstico DRIS son más seguros y precisos que los del diagnóstico por los otros sistemas (Baldock y Schulte, 1996; Bell et al., 1995; Beverly, 1993; Bowen, 1992; Dara et al., 1992; Hallmark y Beverly, 1991; Jones, 1981; Jones y Bowen, 1981; Munson y Nelson, 1990; Robinson y Tarpley, 1986; Soltanpour et al., 1995; Walworth et al., 1986).

El método DRIS fue desarrollado por Beaufils, (1957, 1971, 1973), alrededor de la década de los 60. Sumner, (1975, 1977a, 1977b, 1977c y 1979), un colega de Beaufils en Sudáfrica, introdujo el método DRIS en EE.UU. en la década de los 70. Posteriormente, diversos autores han utilizado ese sistema para generar normas de

diagnóstico de tejidos en una gran variedad de cultivos, desde pastos, pasando por cultivos anuales, hasta cultivos perennes de variada índole.

De la revisión de los trabajos publicados sobre el sistema DRIS, es evidente que su aplicación ha estado fundamentalmente dirigida hacia el área de estudio de los aspectos nutricionales de plantas y suelos. Sin embargo, hay trabajos en otras disciplinas, como el estudio de las relaciones entre las micorrizas, los suelos y las plantas (Brown et al., 1992; Espinosa et al., 1993).

Rodríguez et al. (1997, 1998a y 1998b), atribuyen la rápida adopción y difusión del DRIS, a sus variadas ventajas en términos de economía de recursos y del tiempo necesario para el desarrollo de normas de diagnóstico. Otras características del DRIS son sus sólidos basamentos conceptuales y fisiológicos y su relativa simplicidad metodológica.

2.9.1 SISTEMA INTEGRAL DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES MODIFICADO (M-DRIS).

Han sido propuestas numerosas modificaciones para incrementar la eficiencia en el diagnóstico nutricional para numerosos cultivos. El cálculo de las funciones de los ratios de nutrientes puede realizarse de tres formas:

El método original propuesto por Beaufils (1973 XE " Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Soil Science, 1:1-132.").

El método de Jones (1981 XE " Jones, C. 1981. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated

system (DRIS) for interpreting plant analysis. Commun. Soil Science Plant Analysis. 12:785-794.").

El método Beaufils modificado por Elwali and Gascho, (1984 " Elwali, A.M. y Gascho G.J.1984. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guides for sugarcane fertilization. Agron. J.76: 466-470. ").

De acuerdo con Beverly (1991 "Beverly, R. 1991. Calculating e interpreting DRIS Index Values (Appendix 5). In: Plant Analysis Handbook. Jones, J.B.Jr., Wolf, B., Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro Macro Pub. Inc. Athens, Georgia, USA. 422pp."), existen dos formas para el cálculo del sumatorio de funciones que incluye a cada nutriente:

DRIS (Beaufils, 1973 XE "Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Soil Science, 1:1-132.").

M-DRIS (XE " Hallmark, W., Demooy, C.J., Pesek, J. 1987. Comparison of two DRIS methods for diagnosing nutrient deficiencies. Journal of Fertilizer Issues, 4:151-158.")

Walworth et al., 1986; Hallmark et al., 1987 "Walworth, J. Letsch, S. y Sumner, M. E. 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 123-127."

La única diferencia radica en el cálculo de un índice de materia seca (IMS) para el método M-DRIS, procesándose éste como si fuese un elemento más.

2.9.2 Diagnóstico de la Composición de Nutrientes (CND)

El método de Diagnóstico de la Composición de Nutrientes (CND) fue desarrollado por Parent y Dafir, (1992) siguiendo los estudios

precedentes de Aitchison (1982). Con este método se calculan índices para cada nutriente, pero usando su relación respecto a la media geométrica de todos los nutrientes (G) y componentes del material vegetal (R). Dichos parámetros tienen mayor importancia que el índice de materia seca incluido en el M-DRIS (Cadahía, 2005).

Al utilizar relaciones respecto a la composición total, el efecto de variabilidad de un simple elemento sobre el resto de nutrientes está considerado como un efecto global, y no como la contribución de varios efectos individuales sobre cada uno de los restantes nutrientes. Por tanto, es una gran ventaja respecto al método DRIS (Rodríguez y Rodríguez, 2000).

Los cálculos son rápidos y sencillos, incluso cuando se utilizan todos los nutrientes esenciales y no esenciales presentes en la planta. Se necesita realizar un cálculo sencillo del índice de cada elemento y del factor G para la muestra. El resto de parámetros se obtiene de la metodología DRIS (Cadahía, 2005).

2.9.3 INTERPRETACIÓN DEL TIPO DE EXPRESIÓN DE LOS ANALISIS FOLIARES

La concentración de un elemento en las hojas, % de N por ejemplo, consiste simplemente en la relación entre cantidad de N en el tejido y la cantidad de materia seca (M.S.), es decir, $100 \times N/M.S$ (Wallworth y Sumner, 1988; Wallworth et al., 1986). Por otra parte, una relación entre nutrientes, por ejemplo N/P, consiste en la relación entre esos dos nutrientes, con referencia a la materia seca, lo cual puede expresarse como:

$$N / P = 100 \times N / M.S. \times M.S. / 100 \times P$$

Expresión en la cual puede verse que los valores de M.S. pueden cancelarse (Tremblay et al., 1990; Wallworth, 1985).

Para desarrollar el esquema bajo análisis se puede estudiar un determinado caso (Wallworth y Sumner, 1988). Por ejemplo, el de un análisis en el cual se haya determinado que el contenido de N y la relación N/P, están por encima de los valores óptimos.

Cuando el N es alto, podrían establecerse las siguientes opciones (Wallworth y Sumner, 1987).

- a) Que hay exceso de N con relación a un contenido normal de M.S. en el tejido de la planta.
- b) Que el contenido de materia seca en el tejido de la planta es insuficiente con relación al contenido de N.

Si no se cuenta con normas de referencia, es imposible determinar cuál de las dos opciones es la correcta.

Generalmente se asume que la materia seca es un valor fijo, lo cual no siempre es verdad, y hay la inclinación de favorecer la opción de que existe un exceso de N. Lógicamente, la segunda opción también es posible y ocurre cuando la planta ha absorbido una cantidad de N adecuada para su edad, pero se ha retrasado la acumulación de materia seca, como consecuencia de una condición desfavorable en cualquier otro factor de crecimiento (Wallworth y Sumner, 1987, 1988).

2.9.4 GENERACIÓN DEL BANCO DE DATOS

Sumner, (1975) señala que en el sistema DRIS se generan un conjunto o juego de normas de diagnóstico, a través del censo de contenido de los nutrientes foliares de una subpoblación con los más altos rendimientos. En este censo, un gran número de sitios distribuidos al azar, son seleccionados para el muestreo, los sitios a muestrear pueden ser campos experimentales o de producción.

Cada sitio de muestreo es análogo a una parcela experimental, por lo cual, esta técnica se basa en un gran número de observaciones. Bajo este esquema, el sistema DRIS puede ser visualizado como un gran experimento factorial completo, en el cual, todos los factores actúan sobre el rendimiento, sin restricción alguna. Las bases conceptuales de este procedimiento provienen de los trabajos de Andrew (1968), Beaufils, (1973) y Webb, (1972).

2.9.5 FORMAS DE EXPRESIÓN DE LA NORMAS

Walworth y Sumner (1986, 1988), señalan que en el sistema DRIS, las normas son establecidas a partir de la media de la concentración de los nutrientes, expresados sobre la materia seca (N/M.S., P/M.S., K/M.S., Ca/ M.S., etc.), así como las relaciones en forma de cociente entre los pares de cada elemento (N/K, Zn/Fe, Fe/Mn, etc.). Esta forma de expresión fue propuesta por Beaufils, (1973), con base a la observación de las tendencias al cambio de concentración de los nutrientes durante el proceso de envejecimiento. Beaufils, propuso la expresión de las normas de diagnóstico con base a cocientes, para reducir el efecto modificador que introduce la edad del tejido muestreado, en la correcta interpretación o diagnóstico de un determinado análisis foliar.

Beaufils, (1973); Sumner, (1982) y Walworth y Sumner, (1986), señalan que cuando la concentración de los nutrientes disminuye o se incrementa con la edad del tejido, es decir que van en una misma dirección, las relaciones como cocientes entre las normas expresadas como la media de la concentración de cada nutriente sobre la materia seca (ej. N/M.S. / P/M.S.), son las más apropiadas formas de expresión, pero si por el contrario van en direcciones opuestas, como lo serían el caso del N, cuyo contenido disminuye en los tejidos, después que se pasa de tejidos maduros a tejidos viejos y el Ca, cuyo contenido incrementa en los tejidos viejos, la

expresión de la norma como el producto entre los nutrientes ($N \times Ca$) es la mejor forma de expresión.

Si se analiza al elemento calcio (Ca), el cual al expresarlo como porcentaje, aumenta con la edad, pero si su contenido es expresado como su recíproco ($1/Ca$), su valor disminuye con la edad, de esta última manera podría estudiarse mejor su relación con otros elementos que disminuyen con la edad, como por ejemplo el nitrógeno. De tal forma, la expresión de la relación quedaría $N/1/Ca = N \times Ca$, eliminándose de esa manera, el efecto del envejecimiento sobre la divergencia en la relación entre los elementos (Sumner, 1982). Los valores de expresión de esta manera, se mantienen relativamente constantes con la edad de los tejidos, dentro de unos límites relativamente más amplios, alternativa que se presenta como oportuna para ampliar la utilidad y la precisión de los diagnósticos foliares.

La utilidad de la forma de expresión de las relaciones entre nutrientes es ilustrada con un ejemplo. Beverly et al. (1984), diagnosticaron el estado de los elementos N, P, K, Ca, y Mg en las hojas de naranjo "Valencia", (*Citrus sinensis L., Osbeck*), mediante normas desarrolladas con base al sistema DRIS, utilizando las relaciones entre estos cinco elementos, en forma de cocientes. Esos autores concluyeron que los índices de los nutrientes fueron afectados por la edad de la hoja.

En contraposición, Sumner, (1982) y Walworth y Sumner, (1987), realizaron un análisis de los mismos datos, pero expresando las relaciones que conciernen a los demás elementos, en relación con el Ca y el Mg, en forma de productos, ($N \times Ca$), en vez de cocientes (N/Ca o Ca/N). Con ello, Sumner, (1982), encontró que la edad de la hoja del naranjo, no tenía un efecto sustancial en los diagnósticos nutricionales arrojados por el sistema DRIS. Por las razones expresadas, Sumner concluyó que para obtener una real y total ventaja de la flexibilidad que ofrece el uso de dicho sistema, debe

utilizarse la vía de expresión adecuada de las normas. Con base a las razones recién analizadas, Walworth y Sumner, (1987) recomiendan escoger la forma de expresión que se mantenga más estable con el envejecimiento.

2.9.6 VÍAS DE DESARROLLO DE LAS NORMAS DE DIAGNÓSTICO

En el DRIS, la vía propuesta para desarrollar las normas de diagnóstico (valores óptimos normales), consiste en la determinación de la composición foliar de las plantas con los más altos rendimientos de un cultivo, para ser utilizadas como las normas de diagnóstico. A su vez, los rangos normales de desviación de ese promedio, se determinan utilizando los valores de la desviación estándar de los datos de la población de la cual son desarrolladas las normas. La desviación de los valores normales o normas de diagnóstico, está comprendida en el rango de valores de la media o norma de diagnóstico, más o menos una vez el valor de la desviación estándar.

La vía más difundida originalmente para desarrollar las normas de diagnóstico DRIS, fue la de extraer información de bancos de datos preexistentes y procesarlos como se señala en la presentación del sistema por Beaufils, (1973) y luego por Walworth y Sumner, (1987). Esos datos generalmente provienen de experimentos bajo condiciones controladas. Las relaciones del balance entre nutrientes que van a ser utilizadas como normas de diagnóstico, son seleccionadas en primer lugar, entre aquellas que presentan los grupos de plantas excepcionales en una determinada cualidad o característica seleccionada y en segunda instancia, de la capacidad potencial que tengan esas relaciones, de detectar diferencias entre los grupos excepcionales.

En Venezuela, Rodríguez y Rodríguez (1997), y Rodríguez et al. (1997) desarrollaron una variante metodológica para el desarrollo

de las normas. Esa variante consiste en desarrollar un banco de datos, realizando un muestreo de un cultivo y seleccionando las plantas con valores en el tope del rendimiento (o de cualquier otra característica, previamente definida por el investigador) de ese cultivo. Con las mencionadas plantas, se desarrollan las normas de diagnóstico bajo la premisa y criterio que, las normas se corresponden con el valor promedio de los valores del nutriente en la subpoblación de más altos rendimientos. Dicho criterio tiene su validación experimental en los trabajos Letsch y Sumner, (1984) y Walworth et al. (1986 y 1988). Letsch y Sumner, (1984), demostraron que el nivel de corte seleccionado para dividir las plantas de altos y bajos rendimientos, no genera diferencias en el valor de las normas de diagnóstico, debido que el valor promedio para una determinada forma de expresión de la composición foliar para la población de más altos rendimientos, varió en solo un 7,2 %, cuando el nivel de corte en el rendimiento del maíz se cambió de 4 a 10 Mg.ha-1.

Walworth et al. (1988), demostraron que las normas de diagnóstico pueden ser desarrolladas, a partir de una población reducida de individuos o de un número reducido de plantas o unidades experimentales, sí éstas están realmente en los topes del rendimiento de ese cultivo. Posteriormente, Rodríguez et al. (1997a y 1997b), establecieron como vías de desarrollo y de validación de las normas desarrolladas, a partir de los valores de las plantas en el 20 % superior del rendimiento. La validación fue realizada a través de la comparación de las normas desarrolladas con plantas de naranjo Valencia de diferentes edades, injertadas sobre diferentes portainjertos, y su posterior comparación frente a valores desarrollados mediante sistemas clásicos por otros autores.

La determinación de la composición foliar de las plantas con los más altos rendimientos, podría ser tan útil como la obtenida a través de investigaciones con ensayos de fertilización bajo condiciones controladas (Beaufils, 1973; Letsch y Sumner, 1988; Sumner, 1990;

Wallworth y Sumner, 1987 y 1988; Wallworth et al., 1986 y 1988). También indican esos autores, que las informaciones obtenidas por medio de la investigación de las cantidades de fertilizantes a aplicar, fecha de siembra y densidades de siembra a utilizar para lograr altos rendimientos, pueden ser específicas para cada localidad, en cambio, los niveles de la composición de los nutrientes en los tejidos, pueden tener una aplicabilidad geográfica más amplia (Beaufils, 1973; Sumner, 1987; 1990, Wallworth y Sumner, 1987). Por lo tanto, este tipo de información nutricional puede utilizarse para generar normas foliares óptimas, a partir de bancos de datos amplios, en razón del estrecho margen de la composición foliar que generalmente está correlacionada con los niveles más altos de producción (Beaufils, 1973; Malavolta et al., 1997; Rodríguez et al., 1999; Sumner, 1987 y 1990; Wallworth y Sumner, 1987 y 1988; Wallworth et al., 1986 y 1988). En un sistema integral de diagnóstico y recomendación, los análisis de suelo, así como otras fuentes de información, deben integrarse con los diagnósticos foliares en forma previa, para que pueda realizarse una recomendación precisa (Sumner, 1990).

2.9.7 EFECTO DE DIFERENTES VARIABLES SOBRE LAS NORMAS DRIS

- a) Con relación a la posición de la hoja muestreada. Walworth y Sumner, (1987) encontraron que al realizar el diagnóstico con el sistema DRIS en hojas de maíz de variada posición dentro de la planta, solo ocurrieron variaciones menores en el diagnóstico y el nutriente diagnosticado como más necesitado, siempre resultó altamente independiente de la posición de la hoja analizada.
- b) Con relación a la edad. Sumner, (1977a, b), realizó el diagnóstico del follaje de maíz y de soja a través del DRIS, con plantas de una gran variedad de edades, de localidades y de posiciones de la hoja en la planta y constató que no ocurrieron cambios significativos en el orden de requerimiento diagnosticado de los

nutrientes. Con base a estos estudios, Walworth y Sumner, (1987) expresan que el método DRIS puede minimizar en muchos casos las limitaciones causadas por la edad del tejido muestreado, limitaciones consideradas como las más severas para otros sistemas de diagnóstico.

- c) Con relación a la ubicación geográfica. Fue realizada una comparación, entre las normas DRIS para caña de azúcar derivadas de datos generados en suelos contrastantes de Florida, EE.UU. y Sudáfrica (Walworth y Sumner, 1987). Se observó que a pesar de las grandes diferencias en condiciones edáficas y ambientales, las normas derivadas promediando los valores de los dos grupos de plantas más productivas resultaron virtualmente idénticas.

Por otra parte, Walworth y Sumner, (1987) informaron que al comparar normas derivadas de hojas de maíz de diversas partes del mundo, se consiguieron diferencias sustanciales, fundamentalmente en los valores de Ca y Mg. Esta situación podría conferirle algunas limitaciones a la aplicación universal de normas desarrolladas en una localidad. Los autores citados asumen que dichas variaciones reflejan una variación permisible en los niveles de Ca y Mg en los tejidos de las plantas de más altos rendimientos. Esto podría ser confirmado a través del análisis de los valores relativos de los coeficientes de variación asociados con las relaciones de los diferentes nutrientes en las poblaciones de altos rendimientos. Los coeficientes indicados para Mg/M.S. son 42%, mientras que para N/M.S., P/M.S. y K/M.S. son 12, 30 y 32 %, respectivamente. Así mismo, encontraron que esta variación fue tomada en consideración en la ecuación del cálculo de los índices de diagnóstico.

En la ecuación de cálculo de los índices de diagnóstico del sistema DRIS (IN-DRIS), la desviación de la expresión de cada nutriente con respecto al valor óptimo de la respectiva norma, es sopesada y balanceada por el inverso del coeficiente de variación

correspondiente. Debido a las razones recién expuestas, para Sumner, (1977) y Walworth y Sumner, (1987), las expresiones desarrolladas de los valores de las plantas con elevados rendimientos, tienen una gran validez. Las normas desarrolladas de datos provenientes de una amplia gama de condiciones, serían aplicables a esas condiciones específicas, si la variación normal de los parámetros, está realmente representada en el banco de datos del cual fueron extraídos.

Según Munson y Nelson, (1990), los resultados obtenidos de los estudios en maíz (Escano et al., 1981) y alfalfa (Wallworth, 1985), han indicado que las normas desarrolladas local o regionalmente, producen mayor precisión en el diagnóstico de deficiencias o desbalances que aquellos producidos por normas de otras regiones.

2.9.8 EL DIAGNOSTICO EN EL SISTEMA DRIS

El diagnóstico del estado nutricional de plantas a través de su composición foliar, depende de la precisión de las normas o promedios contra los cuales son comparados los resultados analíticos. Es decir, la precisión de un diagnóstico foliar depende de la constancia en la relación entre la composición foliar y la respuesta de los cultivos (Walworth y Sumner, 1987).

La composición foliar generalmente es expresada sobre la base del porcentaje de un elemento y su relación a la materia seca. Diversos autores, Andrew (1968), Beaufils, (1973) y Kenworthy, (1967), señalaron que esta forma de expresión depende de la edad fisiológica del tejido estudiado. Por lo tanto, para evitar problemas a la hora de realizar las interpretaciones, debe ejercerse un riguroso control en la recolección de las muestras, de manera se asegure que éstas sean de la misma edad fisiológica que los patrones contra los cuales se comparan los resultados analíticos (Beaufils, 1973, 1976).

El diagnóstico en el sistema DRIS se realiza sobre la base de relaciones de balance entre nutrientes. La aplicación del DRIS al

diagnóstico de tejidos de plantas permite establecer una gradación relativa de los elementos bajo diagnóstico, desde los más deficientes hasta los menos deficientes. Tal como fue señalado y será explicado más adelante, esta vía de realizar el diagnóstico, a través de las relaciones de balance entre los nutrientes, permite superar la limitante representada por la dependencia de la composición foliar, de la edad fisiológica del cultivo (Beaufils, 1973; Sumner, 1979; Wallworth y Sumner, 1987, 1988).

Para la realización de un diagnóstico DRIS, es imprescindible contar con los datos de análisis de tejidos y con las normas de diagnóstico desarrolladas para un cultivo. El diagnóstico en el sistema DRIS se realiza mediante el estudio de las relaciones de balance entre todos los elementos analizados y no a partir del estudio comparativo del contenido absoluto de los nutrientes en los tejidos. Esas relaciones de balance son definidas a través del cálculo de los denominados índices de los nutrientes (IN-DRIS), para cada elemento en particular (Beaufils, 1973; Rodríguez y Rodríguez, 1998a; Wallworth y Sumner, 1987, 1988).

El índice del nutriente, es el valor promedio de todas las comparaciones de los nutrientes y de sus interacciones contra los valores normales o normas de los nutrientes. Los IN-DRIS serán negativos, positivos o cero de acuerdo a la magnitud de las desviaciones del óptimo balance. De esta manera, pueden ser interpretadas fácilmente las relaciones de balance entre todos los nutrientes (Beaufils, 1973; Rodríguez y Rodríguez, 1997 y 1998a; Rodríguez et al., 1998; Sumner, 1975 y 1979; Wallworth y Sumner, 1987 y 1988).

Por ejemplo, para un nutriente cualquiera "A", el índice de A se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de A (LA)} = [|(A/B) + |(A/C) + |(A/D) + (-) |(E/A) + \dots + |(A/n)] / z$$

La fórmula del índice de un nutriente, es desarrollada a partir de la operación de las sumas y restas de las funciones o comparaciones $I(A/n)$. En la operación, “z” representa el número de funciones en las cuales está presente el nutriente bajo estudio. A, B, C y n, son los valores de contenido de cada nutriente.

Las funciones para un nutriente A son iguales a cero ($I(A/n) = 0$), cuando la concentración del nutriente en la muestra es igual a la norma DRIS.

Las funciones para un nutriente A son mayores a cero ($I(A/n) > 0$), cuando la concentración del nutriente en la muestra es mayor a la norma DRIS.

Las funciones para un nutriente A son menores a cero ($I(A/n) < 0$), cuando la concentración del nutriente en la muestra es menor a la norma DRIS.

De esta manera, los índices de los nutrientes son expresados como unos valores numéricos los cuales pueden resultar como positivos, negativos o iguales a cero. Estos valores se pueden ordenar de menor a mayor y realizar el diagnóstico del balance nutricional de la planta.

Sin embargo, las consideraciones del relativo balance, deficiencia o exceso de un nutriente con relación a los demás, no quieren decir precisamente que un nutriente individual esté en una concentración óptima, deficiente o en exceso, dentro del tejido de la planta (Beaufils, 1973; Jones et al., 1991; Rodríguez y Rodríguez, 1998a; Wallworth y Sumner, 1987 y 1988).

Por lo tanto, es necesario realizar una comparación final, entre los valores de los nutrientes provenientes del laboratorio y sus correspondientes índices calculados, contra los rangos de balance (normas DRIS, \pm su desviación estándar), para poder realizar el diagnóstico final del balance nutricional de la planta y

posteriormente, elaborar unas recomendaciones (Rodríguez y Rodríguez, 1998a).

La segunda fase en el diagnóstico en el sistema DRIS, incluye la determinación de los índices de balance de los nutrientes (IBN-DRIS), a través de la suma algebraica de los valores absolutos de todos los IN-DRIS calculados.

El IBN-DRIS determina la magnitud del balance (o desbalance) nutricional de un cultivo con respecto al valor óptimo de un nutriente en el cultivo. Por lo tanto, mientras mayor sea el desbalance nutricional en la muestra de tejido, mayor serán los valores de los IBN-DRIS y viceversa, mientras menor sea el desbalance del nutriente con respecto al valor óptimo, ese valor tiende a cero. Se ha observado que altos valores de IBN-DRIS están relacionados con bajos rendimientos y a su vez los cultivos con altos rendimientos tienen bajos valores de IBN-DRIS.

Rodríguez et al. (1997, 1998a, 1998b y 1999), trabajando con el cultivo del plátano en Venezuela, demostraron que cuanto mayor es el valor de los IBN, menor es el rendimiento de ese cultivo, y cuando menor es el valor de los IBN, mayor es el rendimiento de la platanera.

El nivel de balance de los nutrientes (IBN-DRIS) por sí solo, no es determinante para un adecuado diagnóstico del potencial de rendimiento de un cultivo, ya que la precisión de un diagnóstico foliar depende de la constancia en la relación entre la composición foliar y la respuesta de cultivos (Wallworth y Sumner, 1987). Para un adecuado diagnóstico del potencial de rendimiento de un cultivo se requiere adicionalmente establecer la correlación entre el rendimiento o cualquiera de sus componentes y los IBN-DRIS, para que de esa manera se pueda predecir el rendimiento o cualquier componente de rendimiento de interés (Rodríguez y Rodríguez, 1998; Rodríguez et al., 1998; Wallworth y Sumner, 1987;

Wallworth et al., 1986 y 1988). Al disponer de las normas de diagnóstico de un cultivo, se puede proceder a realizar el proceso de diagnóstico de una muestra de tejido del cultivo considerado.

Si el diagnóstico en el sistema DRIS se intenta realizar de la misma manera que se realiza en los sistemas del nivel crítico o el de los rangos de suficiencia, es decir, a través de la comparación del contenido de los nutrientes de la muestra problema contra las normas, resulta un proceso tedioso, dado el gran número de comparaciones que hay que realizar. Adicionalmente, la comparación uno a uno de los contenidos de los elementos contra las normas, no permite definir las relaciones de balance entre los diferentes elementos (Rodríguez y Rodríguez, 1998a; Rodríguez et al., 1998 y 1997).

Por esa razón, en el DRIS, se ha desarrollado un procedimiento matemático de diagnóstico, a través del cálculo de los índices de cada nutriente. Estos índices de cada nutriente, permiten evaluar las relativas deficiencias o excesos de cada nutriente en particular.

2.9.9 VENTAJAS DEL SISTEMA DRIS

Entre las ventajas reportadas para el sistema DRIS, tenemos las siguientes.

- 1- Permite ordenar los nutrientes de forma secuencial, de acuerdo a su grado o nivel de limitación del rendimiento del cultivo.
- 2- Permite realizar un diagnóstico nutricional en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, es decir, es menos sensible que otros sistemas de diagnóstico al envejecimiento de los tejidos, según se ha demostrado en diversos trabajos.
- 3- Permite una economía de recursos y del tiempo necesario para el desarrollo de normas de diagnóstico.

- 4- Permite incorporar en el diagnóstico a la materia seca del cultivo (C, H y O), como otro nutriente.
- 5- Las interacciones entre nutrientes son tomadas en cuenta, habiéndose demostrado que este sistema funciona correctamente, aun existiendo esas interacciones.
- 6- El sistema DRIS, elimina muchos de los problemas asociados con la determinación de los valores críticos de las respuestas a la aplicación de fertilizantes, debido a que las normas no son derivadas de un limitado número de observaciones. Al efecto, según Walworth y Sumner, (1987), se ha observado que las normas DRIS derivadas de bancos de datos recogidos en diversas partes del mundo, difieren muy poco. Las normas para caña de azúcar obtenidas en Florida por Elwali y Gascho, (1983), son prácticamente idénticas a las producidas en Sur África por Beaufils y Sumner, (1976). Una ventaja adicional del DRIS estriba en que las normas así desarrolladas, están eliminadas las limitaciones impuestas por los factores ambientales, si se parte de la premisa expresada por Andrew (1968), que “para conocer el real efecto limitante de un determinado nutriente en el rendimiento, todos los demás factores deben estar en óptimas condiciones”. Dicha afirmación fue ampliada por Webb, (1972), al expresar que “solo el rendimiento máximo obtenible a un valor de un parámetro, tal como la concentración foliar de un nutriente, representa el tope en el rendimiento impuesto por la variación en concentración de ese nutriente”.

2.10 EFECTO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL SOBRE LA CALIDAD DEL MOSTO

Los macro- y micronutrientes no solo influyen en las características productivas, sino que también intervienen modificando las características cualitativas, como pueden ser el contenido en azúcares, la acidez, composición aromática, aminoácidos, la

fracción proteica y vitamínica, etc. Además macro y micronutrientes son capaces de modificar el contenido de carbohidratos, proteínas, aminoácidos, aromas y vitaminas del mosto, así, como, los ácidos orgánicos:

- el nitrógeno estimula la síntesis de ácido málico
- el potasio la de ácido tartárico
- el calcio la del ácido oxálico

Con una fertilización que asegure los requerimientos adecuados se consigue garantizar un sensible mejoramiento cualitativo algunas veces relacionado con bajos niveles productivos.

Los factores que controlan el desarrollo y la composición de la uva son múltiples. El análisis global de este sistema complejo, con numerosas relaciones de interdependencia entre las variables (genotipo, ambiente edafoclimático y técnicas culturales) es fundamental para poder entender el proceso productivo vitícola.

La edad del viñedo es un factor importante. Cuando las plantas son jóvenes, el volumen de suelo explorado por las raíces es bajo y los movimientos por difusión y flujo masal de los nutrientes es lento y difícil. En esta situación se pueden dar algunos caso de carencia de fosforo. Las necesidades nutritivas, en general, se incrementan con la vida de la plantación, aunque las necesidades nitrogenadas son mayores en los primeros años (para estimular el crecimiento vegetativo) y en los últimos años del viñedo para mantener la actividad metabólica. Por otra parte, el genotipo (variedad-portainjerto) aparece también como un factor determinante respecto a estas necesidades existiendo una mayor o menor selectividad de algunos portainjertos hacia algunos elementos, especialmente potasio y magnesio: los patrones 1103 Paulsen y 41 B absorben elevadas cantidades de magnesio, el SO₄ es muy poco selectivo respecto al magnesio favoreciendo la alteración fisiológica conocida

como “deseccación del raquis”, en variedades sensibles como la Cabernet Sauvignon.

Deficiencias:

- Frecuentes: N, K, Zn, Bo
- Menos Frecuentes: Fe, Mg, Mn
- No observados: Cu, Mo, Cl, Ca, S, P

Excesos: N, Cl, Bo

Influencia del N: provoca un mayor vigor en las cepas causando una prolongación del estado juvenil y una mayor susceptibilidad a enfermedades, un equilibrio hormonal favorable al crecimiento, intensidad respiratoria elevada y derivación de los productos de la fotosíntesis en provecho de la parte vegetativa. Además, los parámetros de calidad de la cosecha evolucionan con la cantidad de azúcar, que disminuye con el vigor así como se observa un menor contenido de compuestos fenólicos y de la intensidad colorante.

Altas tasas de fertilización nitrogenada han sido asociadas con elevados niveles de precursores de compuestos perjudiciales a la salud en vinos, tales como el etil carbamato e histamina. El exceso también conduce a la acumulación en el fruto de arginina, con la posible consecuencia de producción de uretano, compuesto cancerígeno, en el vino resultante.

El efecto de la fertilización nitrogenada y del despuntado en uvas de la variedad Pinot Noir puso de manifiesto un incremento en la concentración de ácido málico y la reducción en la concentración fenólica, de flavonoles y de antocianos, a pesar de que el peso del hollejo y de la pulpa, así como la concentración de azúcar no se vieron afectadas. Además elevadas concentraciones de nitrógeno provocaron un descenso en la concentración de antocianos en el

mosto y vino, el incremento de pH, así como del porcentaje de malvidina-3-glucosido. Por último, la realización del despuntado disminuye la concentración total de polifenoles y de antocianos aumentando el efecto negativo del nitrógeno (Keller et al., 1999).

El efecto de la adición de nitrógeno por fertirrigación en viñas de la variedad Riesling fue estudiado por Spayd et al. (1994). Los autores destacan que la aplicación de N retrasó la acumulación de azúcares; además, el pH del mosto se incrementó, estando este incremento relacionado con la acidez total y la concentración de amonio. Por otra parte, destacan como la concentración de potasio en el mosto no se vio afectada por las distintas cantidades de N aportado. Al contrario de lo que ocurre en el mosto, en el vino la concentración de potasio se incrementó a medida que aumentó la concentración de N. El pH de vino se incrementó con la fertilización nitrogenada, estando relacionado con el incremento de ácido tartárico y con la disminución de potasio.

Otros estudios muestran mayores concentraciones de arginina y de aminoácidos totales en aquellos tratamientos con exceso de nitrógeno; aunque por otra, parte, el color y la concentración de azúcar fue significativamente menor a medida que se incrementaban las concentraciones de N (Kliewer, 1977). Por último, en un ensayo llevado a cabo por Keller et al. (1998) los autores observaron una elevada influencia que presenta la concentración de nitrógeno en la floración sobre el rendimiento final del cultivo.

Una nutrición adecuada es esencial para el crecimiento y el rendimiento de vides como para cualquier cultivo. El nitrógeno es el principal nutriente que afecta al vigor de la vid y la calidad del mosto (Brunetto et al., 2007; Akin et al., 2012; Pérez-Álvarez et al., 2013).

Influencia de fósforo: en la etapa productiva generalmente no hay respuesta a la aportación de este elemento. A pesar de lo mencionado anteriormente, Bravdo y Hepner, (1987) observaron un

efecto de la aplicación de fosforo en fertirrigación, incrementándose su concentración en el mosto, junto con el incremento en la concentración de monoterpenos libres y de la calidad sensorial de los vinos evaluados. Estos resultados podrían sugerir que este elemento afecta de forma decisiva a la concentración volátil de los vinos, aunque este efecto no ha sido confirmado en la actualidad por otros autores. Por el contrario, sí que se ha observado un efecto positivo de la adición de fosfato biamónico, con el objetivo de incrementar el nitrógeno disponible por las levaduras, dando lugar a un incremento de la calidad sensorial, en su componente aromática, de los vinos elaborados. (Barbosa et al., 2009; Hernández-Orte et al., 2005).

Influencia del potasio: participa en la síntesis de azúcares y proteínas, en la división celular, regulación estomálica, así como en la activación de los sistemas enzimáticos y por último en la neutralización de los ácidos orgánicos.

Delgado et al. (2004) estudiaron los cambios producidos por el aporte de distintas dosis de nitrógeno y potasio durante la maduración de la uva. Los resultados pusieron de manifiesto que las viñas sin nitrógeno presentaron una mayor concentración fenólica en el hollejo, especialmente, durante las últimas semanas del muestreo. Aunque estas diferencias se vieron disminuidas a medida que se incrementó la fertilización con potasio. Además, la adición de nitrógeno a 50 gr de N por planta incremento la concentración de antocianos en el hollejo (600 mg/L) respecto al tratamiento control (523 mg/L), incrementándose, además, el color del mosto. El grado de polimerización de los taninos disminuyó cuando el ratio N: K estuvo próximo al equilibrio y cuando la concentración aplicada de ambos nutrientes fue elevada.

En suelos con deficiencias de magnesio, la fertilización con potasio puede provocar deficiencias de ese elemento. La fertilización con potasio puede o no incrementar la concentración de potasio en el

fruto. Es un factor de considerable influencia sobre el balance ácido de los mostos y vinos, afectando el pH, color, procesos fermentativos, al sabor y la claridad de los vinos embotellados. Si el contenido es excesivo, la acidez del vino disminuye, el pH se incrementa y, por lo tanto, disminuye la calidad vínica. La fertilización potásica también reduce los niveles de nitrógeno en el mosto, y además en varios trabajos se ha constatado un importante papel de la misma en la formación de las inflorescencias.

El efecto de la aplicación de cantidades excesivas de potasio (K) en vides de la variedad Concord de dos años de edad (*Vitis labrusca* L.) fue estudiado por Morris et al. (1983). La fertilización excesiva de potasio resultó en un aumento en los niveles K y una disminución en los niveles de magnesio (Mg) en hojas, pecíolos, sarmientos, troncos y raíces al final de la maduración y, en menor medida, durante la latencia. Los niveles de potasio en pecíolos mostraron mejores correlaciones con el K y con el pH en mosto respecto a las otras partes de la planta. Niveles excesivos de K afectaron de forma negativa al pH y color de los mostos. Los altos niveles de pH en el mosto, favorecidos por la fertilización excesiva, provocaron además problemas en la estabilidad del color durante el almacenamiento.

La adición de K puede aumentar el rendimiento de uva, como resultado del aumento del número de bayas y peso (Amiri and Fallahi, 2007). Se ha observado una fuerte correlación entre el estado nutricional de K en la vid y en el mosto. Altos niveles de K en bayas de uva pueden dar un alto contenido de pH, con un impacto negativo en la calidad del vino (Mpelasoka, et al., 2003; Fogaça et al., 2007; Assimakopoulou y Tsougrianis, 2012; Cuéllar et al., 2013).

3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y PLAN DE TRABAJO

El trabajo se llevó a cabo en la comarca de Utiel-Requena ubicada en la parte oriental de la provincia de Valencia. Se trata de un altiplano de orientación sureste, con una altitud media de 750 metros, oscilando entre los 900 metros del sector noroeste, la parte más elevada, y los 600 metros de la parte suroriental. La comarca queda dividida en dos por el río Magro que la atraviesa de noroeste a sureste, dejando las estribaciones de la Sierra del Remedio al Norte, y las Hoces del Río Cabriel al Sur.

Las parcelas utilizadas en este estudio se ubican sobre los terrenos de la vega del río Magro, encontrándose sobre la margen norte del cauce los cultivos de las bodegas Mustiguillo, Vera de Estenas y Dominio de la Vega, y al sur la bodega Vegalfaro. La altitud de los campos varía desde los 650 de Vegalfaro, hasta los 780 metros en el caso de Mustiguillo.

Geología y edafología

Desde el punto de vista geológico, podemos distinguir terrenos del terciario, correspondientes al lecho del río y sus partes aledañas, y conformados principalmente por margas arcillosas y conglomerados. A ambos lados de esta franja, se distribuyen los terrenos de aluvión de la era cuaternaria y glacia, como resultado de la erosión de las cordilleras circundantes surgidas en la orogénesis de esta misma era.

En términos generales, se trata de suelos relativamente profundos, de textura equilibrada, principalmente franco arenosos. La pedregosidad es muy elevada en algunos puntos, presentando una gran cantidad de elementos gruesos de origen cálcico. El contenido en materia orgánica es muy débil, por debajo del 2%. La caliza está presente en muchas de las zonas en forma de

horizontes de acumulación, o incluso, como horizonte inferior petrocálcico. A pesar de ello, los niveles de caliza activa suelen ser bajos, lo que a su vez contrarresta la elevada alcalinidad edáfica. La presencia de elementos calizos proporciona, a su vez, una buena disponibilidad hídrica en estos suelos.

A modo de muestra edafológica de la región, se pueden diferenciar dos tipos principales de suelos, los ubicados en las zonas de aluvión que descienden desde las sierras aledañas hacia el lecho fluvial, y los ubicados en el fondo del valle, junto a éste. A los primeros, los denominaremos suelos aterrizados, mientras que los otros, serán los suelos de fondo de valle.

Los suelos aterrizados se encuentran a mayor altitud y presentan, en general, estructuras evolucionadas. La textura es equilibrada, generalmente franco arenosa, y la fertilidad, en comparación a los suelos circundantes, es de tipo medio. Por su color, distinguimos entre suelos claros y oscuros. Los suelos claros presentan un horizonte superior de hasta 35 cm., que además contiene un alto grado de pedregosidad, cercano al 55%. Su color indica un elevado contenido en caliza en todo el perfil, en especial, en su parte inferior, donde aparece el horizonte petrocálcico. Su reducido espesor y el elevado contenido en elementos gruesos hacen que no sean suelos excesivamente fértiles.

Por otro lado, encontramos los suelos oscuros donde la profundidad alcanza los 90 cm, y la pedregosidad se reduce por debajo del 40%. Su color se debe a un mayor contenido en arcillas fruto de su textura franco arcillosa. La fertilidad de estos suelos es notablemente superior, y a su vez, presenta unas buenas propiedades hídricas para el desarrollo radicular.

El otro gran tipo de suelos es el de fondo de valle. Es aquí donde encontramos los suelos más evolucionados y fértiles de la zona. La profundidad del horizonte fértil puede alcanzar el metro y medio de espesor, y la pedregosidad se reduce notablemente. Estos

suelos contienen porcentajes mucho mayores de arcillas lo que proporciona una buena reserva de nutrientes fácilmente disponibles, y regula el agua contenida en el suelo.

Cabe citar, en último lugar, otro suelo ubicado en la parte baja de la cuenca fluvial. En este caso se trata de suelos con una pedregosidad muy elevada, por encima del 60%, y que además es persistente a lo largo de todo su perfil. Estos suelos son franco arenosos, y su fertilidad se ve reducida de manera drástica. Además, el elevado contenido en elementos gruesos impide la correcta retención de agua disponible para la planta.

Climatología

La climatología de la comarca se caracteriza por la continentalidad, si bien, existe una marcada influencia mediterránea por su proximidad a la costa. La temperatura media anual se sitúa en torno a los 14°C. La primavera y el otoño son prácticamente inexistentes.

En la Utiel. Se exponen los diagramas bioclimáticos de las estaciones termopluviométricas de Requena.

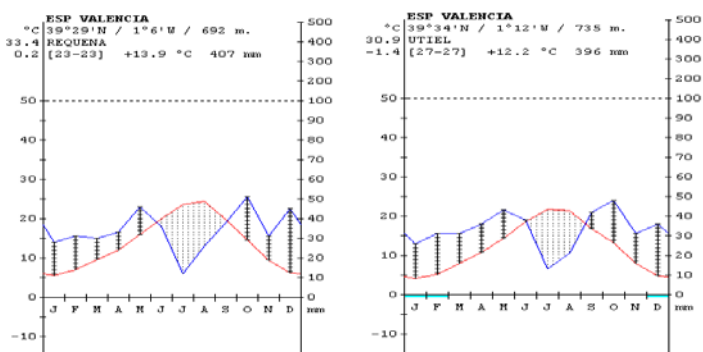


Figura 3.1 Diagramas bioclimáticos de Requena y Utiel.

Los inviernos son fríos y largos, con medias durante el mes de Enero que no superan los 6°C. Las mínimas absolutas caen por debajo de cero durante, al menos, 7 meses al año, con riesgo de heladas seguras entre diciembre y marzo, pudiendo presentarse heladas leves en abril.

El verano es relativamente corto, rondando los 23°C de media mensual durante el mes de agosto. Los vientos de poniente pueden elevar las temperaturas máximas absolutas durante esta época hasta los 40°C. Sin embargo, las noches de estío continúan siendo frescas por lo que la oscilación térmica diaria puede rondar los 30°C, evidenciando la marcada continentalidad de la región.

A lo largo del año se acumulan entre 400 y 450 mm. , en función de la zona del altiplano en la que nos encontremos. Las precipitaciones siguen un marcado patrón mediterráneo, concentrándose en la primavera y el otoño más de la mitad de la precipitación anual. La sequía estival suele ser intensa y prolongada, llegando, en algunos casos, a los 50 días sin llover. Las precipitaciones estivales y otoñales suelen presentarse en forma torrencial y, en algunos casos, en forma de granizo.

Atendiendo a la Clasificación Climática Multicriterio (Tonietto, J. & Carbonneau, A. 2004) las noches del mes de septiembre se pueden clasificar como muy frescas (IF4). El Índice Heliotérmico calculado para la zona se corresponde con climas templados cálidos (IH4), lo que puede compensar las noches frescas que mostraba el Índice de Frescura. Por último, el déficit hídrico calculado mediante el Índice de Sequedad se sitúa entre los 50 y 80 mm. , lo que supone encuadrar la región en un clima moderadamente seco (S1), con acentuados déficits durante los meses de agosto y septiembre.

La variación altitudinal del altiplano da lugar a diferencias significativas dentro de la propia comarca. Entre las parcelas de la bodega Mustiguillo y la bodega Vegalfaro hay algo más de 150 m.

de desnivel lo que da lugar a oscilaciones de cerca de 2°C, tanto en las temperaturas medias como en las extremas. Este hecho puede suponer variaciones significativas en el desarrollo de los cultivos. Además de ser más frío, el cuadrante noroeste recibe menos precipitaciones que el resto de la región dando lugar a sequías algo más intensas.

En términos generales se puede considerar que las condiciones climatológicas de la zona no suponen un factor limitante para el desarrollo de la vid. Las temperaturas invernales son suficientemente benignas para no suponer un daño vegetal, y los veranos cálidos favorecen la formación de hojas y frutos. Las precipitaciones son escasas para el cultivo de la vid, muestra de ello es la generalización del riego en toda la comarca. Las tormentas de verano y otoño, en algunos casos en forma de granizo, pueden suponer graves daños, especialmente en cosechas tardías.

3.1 MARCO DE ESTUDIO

Para el presente estudio se seleccionaron cuatro bodegas de la comarca vitivinícola de Utiel-Requena cuya producción se orienta a vinos de alta gama. Además, cuentan entre sus parcelas con más de una variedad de vid de las habitualmente utilizadas en la zona. Las bodegas incluidas son: Bodega Vegalfaro en el municipio de Requena; Bodega Vera de Estenas en Utiel; Bodega Dominio de la Vega en San Antonio de Requena; y Bodega Mustiguillo en Las Cuevas de Utiel.

3.2 BODEGA Y VIÑEDOS MUSTIGUILLO

Mustiguillo es una bodega situada en El Terrerazo, un pago único de 87 ha de vid y otros cultivos. La altura media de El Terrerazo es de 850 metros y el clima es continental estricto, con baja pluviometría y grandes diferencias térmicas por lo que constituyen un entorno único que se traslada a los vinos.

El suelo es franco-arenoso, con diferentes contenidos de arcilla en función de la parcela y con abundante material sedimentario (cantos y arena) fundamentalmente calizos. Aproximadamente a 60-100 cm aparece una costra caliza porosa de origen dolomítico, que desciende de la sierra Negrete y que marca fuertemente el carácter de los vinos.

El clima se puede definir como Mediterráneo con una gran influencia del clima Continental. El viento juega un papel muy interesante: El Mediterráneo envía suaves vientos que refrescan y humedecen las noches. La Mancha manda vientos muy cálidos que secan las viñas. En agosto y septiembre se alcanzan gradientes térmicos noche-día de entre 20 y 25 grados. La orientación es Norte-Sur en un suave paisaje ondulado en torno a la bodega.

Pero el elemento clave para definir la DOP El Terrerazo es la variedad Bobal y el conjunto de prácticas de selección clonal y manejo de la viña para obtener racimos pequeños y sueltos. Elabora vinos de las variedades autóctonas de Valencia, Bobal y Merseguera.

En la Figura 3.2 puede observarse la localización de las parcelas de la Bodega Mustiguillo



Figura 3.2 Ortofoto de localización de las parcelas de la Bodega Mustiguillo

En la Tabla 3.1 vienen las características vitícolas más importantes de la bodega Mustiguillo.

Tabla 3.1 Características de las parcelas de la Bodega Mustiguillo

Población	Parcelas	Variedad	Patrón	Plantación	Formación	Riego
Las Cuevas de Utiel	T-Valla(01)	Tempranillo	161-49C	2,5x2,5	Espaldera	Localizado
Las Cuevas de Utiel	T-10(03)	Tempranillo	161-49C	2,7x1,25	Espaldera	Localizado
Las Cuevas de Utiel	T.JB(07)	Tempranillo	161-49C	2,5x2,5	Espaldera	Localizado
Las Cuevas de Utiel	B-Carretera(01)	Bobal	161-49C	2,5x2,5	Vaso	Secano
Las Cuevas de Utiel	B-13	Bobal	161-49C	2,7x1,25	Espaldera	Localizado
Las Cuevas de Utiel	B.JT(26)	Bobal	41-B	2,7x1	Espaldera	Localizado
Las Cuevas de Utiel	CS	Cabernet S.	161-49C	2,7x1,25	Espaldera	Localizado

3.3 BODEGA VERA DE ESTENAS

La bodega Vera de Estenas, con una superficie de viñedo de 45 hectáreas. Se encuentra en el amplio valle del río Magro, cerca de la desembocadura del río Estenas, afluente del Júcar. La pendiente suave en la parte de solana a los pies de la sierra del Remedio permite una insolación constante, que madura las uvas con gran facilidad.

La maduración en su punto y un suelo predominante calizo permite que la uva tradicional, la Bobal, adquiera unas características únicas e irrepetibles de bondad organoléptica. Junto a las mencionadas uvas tradicionales se encuentran las parcelas de Tempranillo, Merlot, Cabernet Sauvignon, Malbec y Chardonnay.

El microclima, con una insolación perfecta por la inclinación de las parcelas, el suelo, calizo y algo pedregoso en las zonas altas, y el trabajo minucioso sobre las cepas permiten acercarse a la excelencia. De las viñas cultivadas de manera natural, respetando

del entorno ecológico, surgen las distintas variedades de uva que se transforman en la elaboración en los vinos Vera de Estenas.

La finca tiene 45 hectáreas alrededor de la bodega. Esta ubicada en el término municipal de Utiel (Valencia), se encuentra enclavada en la comarca de Utiel-Requena, lindando al Este con la rambla de Estenas, frontera natural del término municipal de Utiel, en la provincia de Valencia. El clima es mediterráneo con rasgos de continentalidad, del tipo semiárido de la clasificación de Thornwaite, Las precipitaciones medias son de unos 430 mm, y la media de días lluviosos es de 52. El número medio de horas de sol es de 2600 y el número de días cubiertos es de 60 de media, teniendo unos 130 días despejados al año aproximadamente.

Respecto al marco geológico, los viñedos de la finca se hallan situados principalmente en terrenos Miocenos, y en menor proporción sobre Cuaternarios. El tipo de suelo predominante en la zona corresponde a los suelos pardocalizos, con unos valores medios de 38% en caliza total y un 14% en caliza activa.

La textura del suelo en las distintas parcelas de la finca es franco-arcillo-arenosa, excepto en una de las parcelas, que es arcilloso arenosa (arena entre 45 y 62%, limo entre 10 y 18% y arcilla entre 20 y 40%).

Los suelos tienen una conductividad eléctrica media baja, lo que indica que no poseen problemas de salinidad, y con un contenido de materia orgánica del 1,5% de media.

En la orientación de los viñedos, el criterio de la elección de la orientación de las filas y del sistema de conducción del viñedo, está en función de la forma de la parcela, del sentido de la pendiente, de la disponibilidad de agua y, ocasionalmente, de la dirección de los vientos dominantes. Independientemente de estas premisas, se ha intentado buscar la recepción óptima de la radiación solar.

Los vinos de esta DOP se caracterizan por la expresión de la singularidad del terruño. Así, se obtienen vinos de buena graduación alcohólica; colores intensos y brillantes; aromas primarios de fruta madura que perduran varios años en el vino; en boca, vinos estructurados y armónicos; con un bouquet común denominador de todos ellos que se repite cada añada; buena estructura y aptos para la crianza en bodega, y posteriormente, en botella.

Se encuentra justo en el centro de las comarcas de Utiel y Requena. Sin embargo, es un paraje diferenciado del resto de la geografía comarcal y se puede apreciar a simple vista porque en el centro de la finca hay un bosque. Este bosque provoca un microclima en todo su entorno, regulador de la humedad, amortiguador del impacto de los vientos y de la temperatura.

Las dos hectáreas de jardín que existen en el centro de la finca y que mantienen el frescor en una amplia zona durante el verano, provocan una maduración lenta de las uvas, que trasladada a los vinos, da lugar a una acidez muy equilibrada. Y protegen del viento las viñas próximas en el invierno y primavera, evitando las heladas tardías.

La proximidad por la parte sur de la finca del río Magro que sirve como moderador de las temperaturas y humedad en la vega del mismo. La proximidad por la parte norte de la finca de la Sierra Negrete que sirve como protección para los fríos vientos del norte en invierno y en primavera.

Otro elemento diferenciador consiste en la rambla de Estenas que bordea la finca y drena las sierras septentrionales de Utiel, llevando las aguas al río Magro. En la zona, los materiales que forman las lomas son del pleistoceno, mientras que en el resto de la comarca predominan los materiales del mioceno superior. Los suelos con horizonte de costra caliza, aportan un mayor grado de humedad que

el existente en el resto de la comarca, donde predominan los suelos sobre materiales no consolidados.

Además, mientras que el pH de los suelos de la comarca está en torno al 8.2-8.3, el suelo de la finca está sobre 8.5. Estos valores elevados de pH se deben principalmente a las importantes cantidades de carbonato cálcico. Este alto pH, favorece la absorción por las plantas de fosfatos, potasio, calcio y magnesio.

Los suelos no coinciden con el resto de la comarca en el contenido calizo, ya que la comarca está situada en un promedio del 25%, y los de la finca se encuentran en un 38% de caliza total y de 14% de caliza activa. Igualmente, los valores del fósforo y potasio en el suelo de la finca (aunque más variables según parcelas) son más altos que en el resto de la comarca, entre 30 y 50 ppm y el potasio entre 0,35 y 0,55 meq/l.

En conclusión, todas estas características hacen que los vinos de Vera de Estenas se caractericen por la intensidad de su color, por tener aromas primarios de fruta madura y que, en boca, sean vinos estructurados y armónicos.

En la Figura 3.3 Ortofoto de localización de las parcelas de la Bodega Vera de Estenas viene la ortofoto de la localización de las parcelas de la Bodega Vera de Estenas.



Figura 3.3 Ortofoto de localización de las parcelas de la Bodega Vera de Estenas

Las características vitícolas de las parcelas de la Bodega se exponen en la **Tabla 3.2** Características de las parcelas de la Bodega Vera de Estenas

Tabla 3.2 Características de las parcelas de la Bodega Vera de Estenas

Población	Parcelas	Variedad	Patrón	Marco Plantación	Sistema Formación	Sistema Riego
Utiel	CHARD-S	Chardonnay	110-R	2,5x2,5	Vaso	Secano
Utiel	CHARD-R	Chardonnay	110-R	2,5x1,25	Espaldera	Localizado
Utiel	MERLOT	Merlot	S04	2,5x1,25	Espaldera	Localizado
Utiel	CS	C. Sauvignon	S04	2,5x1,25	Espaldera	Localizado
Utiel	TEMP	Tempranillo	161-49C	2,5x1,25	Espaldera	Localizado

3.4 VIÑEDOS Y BODEGA VEGALFARO

La finca El Pago de los Balagüeses está situada al Sur Oeste de la Comarca Utiel Requena, a 20 kilómetros de Requena. Se encuentra aproximadamente a 700 m sobre el nivel del mar y presenta un clima de tipo continental e influencia mediterránea con precipitaciones anuales de 450 mm.

La finca se caracteriza por su suelo y subsuelo, por su orografía en pendientes suaves, y por su entorno natural favorable a una producción ecológica y de calidad. El viñedo del “Pago de los Balagüeses” está implantado en un sustrato geológico del Cenozoico, conformado por depósitos calcáreos y margas. La presencia de roca calcárea en el subsuelo se refleja en los análisis de tierra, caracterizados por un porcentaje elevado de caliza activa en el suelo.

La roca calcárea constituye un sustrato ideal que facilita la implantación de las raíces de la planta en profundidad. De esta forma, en la temporada de sequía no se observa parada en el proceso de maduración como puede ocurrir, por ejemplo, en parcelas cultivadas en terrazas formadas por aluviones, en la zona del Río Cabriel, al sur de la Comarca.

Los análisis de tierra realizados en diferentes puntos del viñedo han mostrado que la textura del suelo es homogénea en la zona, de tipo franco-arcillo-arenoso. Otras similitudes se pueden destacar como un pH básico, un nivel bajo de materia orgánica y concentraciones en elementos nutritivos normales, asegurando el buen funcionamiento de la planta.

El viñedo presenta una geografía particular con pendientes suaves del 7%. Por su parte, los alrededores de la finca cuentan con bosques de pinos, cultivos de almendros, olivos, y vegetación de tipo barriga (tomillo, romero, carrasca, esparto y lavanda). Este entorno particular ayuda al cultivo ecológico de la vid.

La finca pago de los Balagüeses cuenta con varias décadas de cultivo del viñedo. El saber hacer de los viticultores se refleja en prácticas culturales específicas para cada parcela de la finca, según el vino que se va a elaborar, buscando así el equilibrio de la planta.

Se combina la viticultura tradicional con las técnicas más avanzadas. A su vez, se investigan nuevas técnicas de manejo de la conducción del viñedo, para conseguir maduraciones homogéneas de racimos con granos pequeños y separados. La calidad y características del producto son debidas fundamental o exclusivamente al medio geográfico. Los vinos se caracterizan por la intensidad de su color y el cuerpo.

El viñedo se sitúa en una zona con pendiente que, además de favorecer el drenaje del agua y el desarrollo de las raíces en profundidad, optimiza la exposición de la planta al sol, lo cual es favorable a la maduración de la uva y a una producción elevada de polifenoles, además del color y cuerpo de los vinos.

El entorno natural, con la vegetación de bosques que rodean la finca, ayuda al cultivo ecológico de la vid, ya que son fuente de una microfauna variada que facilita la polinización, favorece la aireación del suelo y participa en la regulación de los depredadores de la vid y de la uva sin necesidad de utilizar pesticidas. Al mismo tiempo, la vegetación que rodea las parcelas constituye una barrera física natural contra la propagación de enfermedades criptogámicas que actúan en el viñedo.

En la Figura 3.4 se expone el plano de localización de las parcelas de la Bodega Vegalfaro.

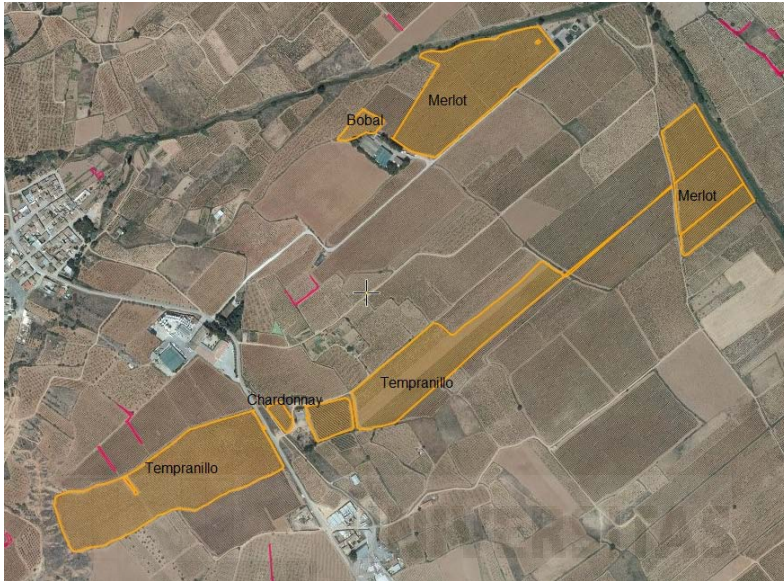


Figura 3.4 Ortofoto de localización de las parcelas de la Bodega Vegalfaro

En la Tabla 3.3 se exponen las características vitícolas y de cultivo de las parcelas de la Bodega Vegalfaro.

Tabla 3.3 Características de las parcelas de la Bodega Vegalfaro

Población	Parcelas	Variedad	Patrón	Marco Plantación	Sistema Formación	Sistema Riego
Derramador (Requena)	TEMP-ARRIBA	Tempranillo	110-R	2,5x2,5	Espaldera	Localizado
Derramador (Requena)	TEMP-ABAJO	Tempranillo	S04	2,5x1,25	Espaldera	Localizado
Derramador (Requena)	MERLOT	Merlot	S04	2,5x1,25	Espaldera	Localizado
Derramador (Requena)	CHARD	C.Sauvignon	110-R	2,5x1,25	Espaldera	Localizado
Derramador (Requena)	MERLOT	Merlot	S04	2,5x1,25	Espaldera	Localizado
Derramador (Requena)	B-M1	Bobal	41-B	2,5x2,5	Vaso	Secano
Derramador (Requena)	CS	C.Sauvignon	110-R	2,5x1,25	Espaldera	Localizado

3.5 BODEGA DOMINIO DE LA VEGA

Dominio de la Vega se ubica en el centro de la comarca Utiel-Requena, y desde este enclave rodeado de viñedos se dedica a la crianza de vinos y elaboración de cavas, inscrita en las Denominaciones de Origen Utiel-Requena y Cava.

Dominio de la Vega es una bodega familiar con un marcado perfil pionero y vanguardista, cuyos propietarios han marcado una época y un modelo a seguir en la comarca, rompiendo esquemas con elegancia. Elaboran vinos (D.O.P. Utiel-Requena) y espumosos de calidad (D.O. CAVA) de manera tradicional, persiguiendo en ellos tanto su personalidad propia como la máxima expresión del Terroir. Trabajan esencialmente a partir de variedades autóctonas como Bobal, Macabeo y Garnacha, en unos viñedos con bajo rendimiento, algunos centenarios procedentes de viñas prefiloxéricas. La vendimia nocturna les asegura el transporte de la uva en el mejor estado previniendo de esa forma los daños inevitables ocasionados habitualmente en vendimias de día con altas temperaturas. Elaboran en cantidades limitadas, sin tratamientos agresivos, respetando al máximo sus cualidades naturales.

Geográficamente la bodega está ubicada en el extremo occidental de la provincia de Valencia y se sitúa en el corazón de una meseta circular elevada a 700-900 metros sobre el nivel del mar y regada por el río Magro, que construye unas terrazas aluviales que dan lugar a “La Vega”, un lugar privilegiado para los viñedos.

Los suelos son pedregosos con alto contenido de caliza y arcillosos, lo que redundaría en cepas de poca producción y altísima calidad. El clima es mediterráneo con rasgos acentuados de continentalidad, debido a su altitud y lejanía del mar: inviernos muy fríos y largos, veranos cortos, precipitaciones escasas, sol en abundancia. Todo ello da lugar a los rasgos diferenciales de una comarca que durante más de 2.500 años se ha dedicado al cultivo de la vid.

Entre las diferentes parcelas de cultivo de estas bodegas se seleccionaron aquellas en las que realizar los muestreos foliares. Las parcelas deben tener el tamaño suficiente para recolectar el número de hojas requerido, y presentar cultivares de las principales variedades utilizadas, esto es: Bobal, Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Merlot y Tempranillo.

Además de la viticultura y manejo del cultivo, tienen en común el objetivo de elaborar vinos de pago de alta gama.

En la Figura 3.5 se expone el plano de localización de la Bodega



Figura 3.5 Ortofoto de localización de las parcelas de la Bodega Dominio de la Vega

Las características vitícolas de las parcelas de la Bodega Dominio de la Vega se exponen en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Características de las parcelas de la Bodega Dominio de la Vega

Población	Parcelas	Variedad	Patrón	Marco Plantación	Sistema Formación	Sistema Riego
San Antonio (Requena)	CHARD	Tempranillo	110-R	2,8x1,6	Espaldera	Localizado
San Antonio (Requena)	CS	Tempranillo	110-R	2,8x1,6	Espaldera	Localizado
San Antonio (Requena)	MERLOT	Merlot	110-R	2,8x1,6	Espaldera	Localizado

3.6 PLAN DE TRABAJO

Las tomas de muestras se llevaron a cabo a lo largo del periodo incluido entre el principio de la floración (Estado L), y la plena maduración (Estado N). Las muestras se tomaron cada quincena entre el 1 de Junio y el 15 de Octubre. Cabe señalar que, en función de la variedad de la que se trate, o la ubicación de la parcela, el estado de plena maduración se presenta en fechas variables, es por ello que en algunos casos se cuenta con muestreos hasta la primera quincena de Octubre. De esta manera, y según el caso, se dispone de 9 fechas de muestreo por año. La recolección se realizó durante los años 2005, 2006 y 2007 (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Fechas de muestreo para cada año

Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre
1 ^o muestra	2 ^a	3 ^a muestra	4 ^a muestra	5 ^a muestra	6 ^a muestra	7 ^a muestra	8 ^a muestra	9 ^a muestra

Una vez seleccionadas las parcelas a muestrear, de cada variedad y patrón, en cada viñedo de las diferentes bodegas se tomó una

muestra de cada una de ellas, durante el periodo vegetativo, se tomaron 6-9 muestras, teniendo cada muestra 104 hojas (13 cepas, 8 hojas por cepa, 2 hojas por cada punto cardinal).

Los resultados obtenidos en las analíticas se organizan en fichas. Cada ficha corresponde al análisis de macronutrientes realizado sobre la muestra de 104 hojas, procedentes de cepas con la misma variedad y patrón, en una misma parcela, y en una única fecha de muestreo. De esta manera se conforma una base de datos de 1351 fichas. Posteriormente, durante la vendimia, se realizaron los análisis de caracterización de su aptitud enológica, para cada una de las muestras, por parcela estudiada.

3.7 MATERIAL VEGETAL

De manera general se seleccionaron, las variedades más importantes en la Denominación de Origen Utiel Requena

3.7.1 BOBAL

Es una cepa tinta muy austera, resistente a las inclemencias climáticas y a las plagas, y muy productiva. El grano es de tamaño medio, redondo y zumoso. También conocida como Requena, Requení y Provechón. Da excelentes rosados en la zona de Requena y cada vez mejores tintos y vinos envejecidos. Es una variedad autóctona de la comarca de Requena-Utiel, donde se cultiva mayoritariamente.

3.7.2 CABERNET SAUVIGNON

Cepa originaria de Burdeos (Francia). Es considerada una de las cepas de más fácil adaptación a los diferentes “terroirs” del mundo, razón por la cual se encuentra prácticamente en todo el mundo vitivinícola.

Es una uva de hojas medianas a grandes, de uno a siete lóbulos bien marcados y nerviaduras perfectamente expuestas. Los racimos son pequeños de forma cónica y de constitución floja. El fruto es pequeño, redondo, de piel gruesa y muy pigmentada, de color azul oscuro intenso.

Es una de las variedades nobles menos exigentes en cuanto a clima y suelo se refiere, es relativamente resistente a las enfermedades, necesita calor para madurar. Precisa de un clima más cálido que la Pinot Noir, de lo contrario predominan los aromas vegetales como el pimiento verde. Sin embargo, un exceso de calor produce aromas de frutos pasificados, como la ciruela o el cassis cocidos. Las pirazinas, compuestos olorosos que dan a la Cabernet Sauvignon el perfil aromático de parte vegetal y herbácea, son destruidas por el exceso de calor, así como por la luz solar mientras la uva madura.

Hasta hace algunos años, la Cabernet Sauvignon era una uva considerada para la producción de vinos tintos robustos, potentes, tánicos y longevos, debido a su elevada relación de las pepitas con respecto a la pulpa, así como al gran contenido fenólico, lo que le permite soportar tanto las elevadas temperaturas durante la fermentación como una larga maceración, requiriendo un buen tiempo en bodega. Sin embargo, en el nuevo mundo se ha roto con esta consideración, obteniendo vinos más suaves, menos tánicos y de consumo temprano, donde la maceración dura sólo unos días.

La Cabernet Sauvignon produce vinos con aromas a frutos negros con su inconfundible cassis, cereza negra e higo, menta, eucalipto, y pimienta. Los vinos maduros añaden la clásica nota de virtutas de lápiz, cedro y caja de puros.

3.7.3 CHARDONNAY

Hablar de la uva Chardonnay es hablar de la uva blanca más plantada en el mundo vitivinícola, es una variedad que procede de la Borgoña Francia, y produce el más distinguido de los vinos blancos.

Es una cepa que cuenta con gran flexibilidad, es decir, se adapta prácticamente a cualquier clima y terreno que tenga posibilidades vitícolas. Esta variedad tiene hojas lisas o palmeadas de color verde oscuro en su juventud, y cambian a tono más claro cuando son adultas. Sus racimos son pequeños y cilíndricos, constituidos de frutos pequeños y redondos, de piel delgada, su color varía desde el amarillo claro hasta el ámbar, según su madurez. El fruto es de sabor dulce con buena acidez y de aroma poco penetrante.

En climas fríos produce aromas más minerales y una acidez razonablemente agradable, brota de forma precoz, de manera que en aquellas regiones frías, tiende a sufrir las heladas durante la primavera. En el otro extremo de la escala de temperaturas, la Chardonnay se vuelve gruesa, pesada y floja, con falta de acidez para equilibrar su carga frutal. Lo ideal para esta uva es un largo y lento período de maduración en el que pueda desarrollar su aroma.

La piedra caliza, la creta y la arcilla son importantes para la Chardonnay, aunque ésta es capaz de producir buenos aromas en una gran variedad de suelos. En suelos poco profundos y de caliza, la Chardonnay produce sus vinos más densos y minerales. La arcilla le aporta más peso y profundidad.

3.7.4 MERLOT

La uva Merlot es una variedad de origen francés, procedente de la región de Burdeos, que se mezcla con la Cabernet Sauvignon, su presencia en el ensamblaje de los vinos del Médoc como cepa secundaria, radica en que es una variedad que madura más temprano que la Cabernet Sauvignon, confiriéndole a los vinos del

Medoc o de Graves un toque de ligereza, redondez y mayor frutalidad.

Su madurez temprana la expone a las heladas primaverales, de ahí que en algunas regiones se deba de tener un mayor cuidado. Es una variedad que con los cuidados adecuados se adapta muy bien a climas y tierras diferentes a las de su origen. Por tal motivo, la podemos encontrar en una gran cantidad de países vitivinícolas alrededor del mundo, produciendo vinos tintos tanto jóvenes como con crianza, que pueden envejecer varios años, y rosados frescos, todos ellos de muy buena calidad.

3.7.5 TEMPRANILLO

Su nombre internacionalmente aceptado de Tempranillo proviene del vocablo español «temprano» y refleja su naturaleza de maduración precoz. Brota tarde y sólo necesita una estación de crecimiento bastante corta. En otras palabras, es una uva que hace las delicias del viticultor.

Utilizada para la elaboración de vinos tintos en provincias de España como: Rioja, Ribera del Duero y Cataluña. Es la variedad más importante de España aunque no se ha confirmado su verdadero origen.

Es una variedad especialmente sensible a la sequía y a las enfermedades. Es la cepa más sobresaliente de la famosa Rioja española por su extraordinaria adaptación al clima de ese lugar.

Produce vinos de acidez relativamente baja, aromáticos, afrutados, no muy ricos en taninos, coloreados y oscuros, aptos para madurar en bodega. Son vinos de color profundo, con carácter frutal destacando las moras como la frambuesa, guindas y zarzamoras, con un toque de mantequilla y grosellas negras en su juventud, y de tabaco, coco y ciruela pasa en su madurez.

3.7.6 PATRONES ESTUDIADOS.

La aparición de enfermedades graves en este cultivo ha sido el motivo que ha llevado a la búsqueda de patrones que hicieran posible su continuación. Así se suspendió el cultivo a partir de semillas y se obligó al injerto de variedades sobre patrones tolerantes a estas enfermedades.

A continuación se indican las ventajas e inconvenientes de los patrones más demandados, o lo que es lo mismo, los motivos por los que el viticultor se decide por uno u otro a la hora de plantar:

3.7.7 41 B DE MILLARDET (Chasselas X Berlandieri)

Su buena afinidad con la Tempranillo y su elevada resistencia a la caliza activa (hasta un 40%) hace que sea el patrón más utilizado en Rioja Alavesa, donde la caliza es un factor limitante con mucha frecuencia. Este patrón, para algunos, considerado como la panacea, tiene cuando el emplazamiento no es correcto, serios inconvenientes, como a continuación se explica:

El "chaselas" es un patrón con propensión a la "carga" abundante, aspecto éste, que en un marco como el actual de producciones restrictivas no se puede considerar como esencialmente positivo.

Aun cuando este patrón está considerado como resistente a la sequía, si no se limita la "carga", especialmente en los veranos con precipitaciones más escasas, puede producirse un desequilibrio vegetativo, a lo que la planta responde con la desecación del limbo seguida de una caída más o menos importante de hojas. Asimismo, en estas circunstancias, se agrava su ya natural sensibilidad a enfermedades como la Eutipiosis.

Es por estos motivos, por los que en los terrenos más pobres conviene buscar otra alternativa, o en todo caso controlar la

producción mediante podas rigurosas o incluso el aclareo de racimos. Este patrón es igualmente sensible al exceso de humedad, por lo que en terrenos con abundante agua o con tendencia al encharcamiento, la mejora del drenaje se presenta como una necesidad.

El ciclo vegetativo del "chaselas" es corto, lo que ocasiona frecuentemente, en las zonas más altas de Rioja Alavesa, la interrupción de la maduración antes de alcanzar su óptimo. Por esta razón, en las zonas donde hay más problemas de maduración no es tampoco recomendable. Otro de los inconvenientes del "Chaselas" es su sensibilidad a los nematodos.

3.7.8 RICHTER 110 (Berlandieri X Rupestris).

Está desplazando hoy en día al anterior en las nuevas plantaciones de Rioja Alavesa. Su limitada resistencia a la Caliza activa veda su utilización en aquellos terrenos muy calizos. No hay que olvidar que según los datos estadísticos de los análisis de tierra realizados en Rioja Alavesa, más del 80% de los suelos tienen contenidos elevados en caliza activa. Se adapta a muy diversas condiciones por lo que resulta ser un patrón muy empleado a escala mundial.

El Richter 110 proporciona un gran vigor a la cepa, es resistente a la sequía y sensible al exceso de humedad. Su ciclo es largo, lo que permite, si las condiciones son favorables, un retraso en la vendimia hasta alcanzar el óptimo madurativo. Resistente a los nematodos.

Hasta que el análisis previo a la plantación, o la observación de clorosis en viñas cercanas obliga a un replanteamiento en la elección, el Richter 110 es de los patrones a priori preferidos para aquellos suelos de régimen hídrico más escaso, poco profundos, con poca capacidad retentiva, con niveles de potasa bajos, etc., habitual en Rioja Alavesa.

3.7.9 SO4 (Riparia X Berlandieri)

En Francia es un patrón ampliamente utilizado. Soporta contenidos de calizas superiores al Richter 110 pero sin alcanzar la resistencia del "chaselas". Se considera muy resistente a los nemátodos.

De aptitud intermedia en lo relativo a la maduración entre el 41 B y el Richter 110. Aún siendo de igual longitud de ciclo que el 41B es menos productivo, lo que induce a una mejor maduración de las viñas con el portainjerto SO4, si se compara, en igualdad de condiciones, con viñedos cuyo patrón es el 41B.

Estas características y su afinidad con las viníferas hacen que se esté introduciendo rápidamente en Rioja Alavesa, especialmente para terrenos frescos o con posibilidades de riego, donde va muy bien. Sin embargo, lo mismo que el "Chaselas" no está indicado para terrenos muy secos.

3.7.10161-49 COURDEC

El portainjerto 161-49 C es un viejo cruce llevado a cabo por Georges Couderc 01, en 1888. Sus áreas principales de distribución son algunas partes de Francia, Italia y España

El patrón 161-49 C proporciona un vigor medio, que en suelos profundos y fértiles, con un óptimo abastecimiento de agua puede ser bastante fuerte. Es muy adecuado para suelos ligeros y frescos, calizos, pedregosos y profundos, siempre y cuando la materia orgánica disponible sea suficiente. Es menos recomendable para los tipos de suelos pesados, arcillosos y compactos, en los cuales podría sufrir en los períodos de sequía temporal en verano.

El patrón 161-49C es el portainjertos más resistentes a la cal entre todos los cruces Berlandieri Riparia, resistiendo un contenido de cal de hasta el 25% sin mostrar síntomas de clorosis. Las variedades

Chardonnay sobre el patrón 161-49C tienen mayor tolerancia de cal que las variedades Pinot injertadas sobre este patrón.

3.8 DETERMINACIÓN ANALÍTICA DEL MATERIAL VEGETAL

Para las muestra vegetales, se empleó la metodología de recogida y diagnóstico: resolución Viti 4/95 de la 75ª Asamblea General de la OIV (1995).

3.8.1 Toma de muestras.

3.8.1.1 Selección las unidades de muestreo

Para determinar el número de submuestras que deben tomarse en una parcela se tuvo en cuenta tanto la diversidad del suelo como la de la cepa. La plantación se seleccionó en parcelas con condiciones edáficas homogéneas en lo que se refiere a textura, fertilidad, color, profundidad del suelo, etc. Dentro de éstas se tuvo subparcelas cuyas cepas eran también uniformes, especialmente en cuanto a combinación injerto/patrón, edad, porte, color del follaje, producción, etc. Y se tomó, una muestra de cada una de estas subparcelas.

3.8.1.2 Selección de las cepas para tomar una muestra

Una vez dividida la plantación en subparcelas homogéneas, se procedió a la selección de las cepas en los que se iba a efectuar el muestreo de las hojas. Se debe observar que en subparcelas muy pequeñas, con menos de 150 cepas, se debe muestrear una cepa cada tres. En parcelas mayores, con 150-250 cepas, se muestreará uno de cada cinco cepas, en las de 250-450 cepas, uno de cada nueve y así sucesivamente hasta parcelas superiores a los 1500 cepas en las que puede muestrearse un cepa de cada cincuenta. Cuando la parcela superó las 2500 cepas, fue conveniente dividirla

para efectuar más de un muestreo. En todos los casos el número de cepas a muestrear osciló entre 25 y 50. Este criterio ha demostrado ser suficientemente preciso en estudios previos sobre el diagnóstico del estado nutritivo en plantaciones uniformes de distintos tamaños.

Los cepas escogidas estaban suficientemente distribuidas, se intentó evitar plantas de vid situadas en los márgenes de la parcela, también se evitó las muy vigorosas, las de poco crecimiento, así como las que tenían enfermedades o estaban atacadas por plagas.

3.8.1.3 Tipos de hojas y época de muestreo

La composición de las hojas va cambiando a lo largo del desarrollo de la viña y, por ello, es necesario fijar el momento del cultivo en que las concentraciones de los elementos a determinar son más estables. En este seguimiento plurianual de los niveles de nutrientes de la viña, se establecen dos tipos de muestreo:

- 1) Fin de floración (cuajado). Hoja opuesta al primer racimo, contado desde la base. Figura 3.6

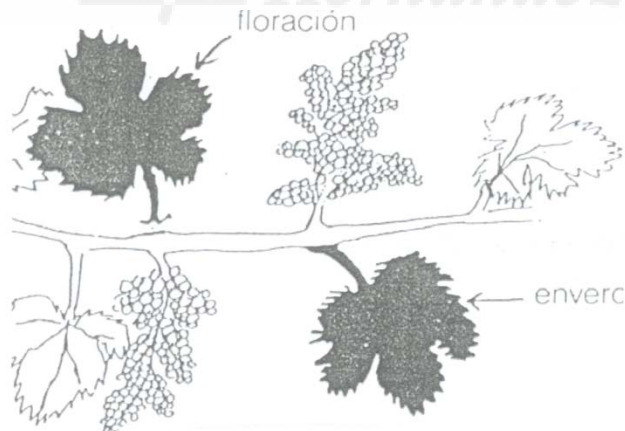


Figura 3.6 Envero: Hoja opuesta al segundo racimo, contado desde la base

- 2) La toma de muestras depende del tipo de conducción. Si era en vaso se hizo el cruce en diagonales de la zona a muestrear, así, se tomó de las cuatro orientaciones, y si la conducción era en espaldera se muestreó en varias hileras tomando hojas a un lado y al otro de la misma.

Todas las hojas fueron introducidas en sobres de papel para facilitar la transpiración, y los sobres fueron identificados con el número de registro.

3.8.2 Preparación de la muestra en el laboratorio.

Conforme llegaron los sobres con las muestras al laboratorio, se procedió a su preparación y almacenamiento para su posterior análisis cuantitativo, siguiendo los siguientes pasos:

- a) Lavado.

Se realizó un lavado de las hojas con el fin de eliminar las partículas sólidas adheridas a la superficie, tales como restos de tierra, polvo atmosférico, etc.

En un recipiente con agua y detergente, se vacía el contenido de la muestra. Una vez limpias, se enjuagan bien con agua para eliminar los posibles restos de detergente. Después se vuelve a enjuagar, pero esta vez con agua destilada, varias veces. Posteriormente, se dejan escurrir bien y se extiende la muestra sobre papel de filtro para que se sequen al ambiente.

- b) Observación sintomatológica.

Mientras las muestras se están secando en el papel de filtro, se extienden bien y se procede a la observación ocular para tener un orientación sobre el estado nutritivo, es decir, para poder determinar si existe alguna carencia, exceso o toxicidad de algún elemento,

teniendo a priori una sintomatología que podrá ser confirmada o no con el posterior análisis.



Figura 3.7 Muestra en bolsa de rejilla

c) Secado

Después de haber observado las posibles sintomatologías de la muestra, se introduce la muestra en un saco de malla o tela junto con su identificación. La muestra se lleva a la estufa de aire (Figura 3.8) a una temperatura de 60°-65°C durante 48-72 horas.

De vez en cuando se estrujan un poco los sacos para favorecer el secado y al mismo tiempo comprobar el estado de secado. Es importante mantener la temperatura inferior o igual a 65°C, porque a mayor temperatura podríamos alterar el posterior análisis, provocando la pérdida de algún elemento.



Figura 3.8 Muestras de hojas en estufa de aire

d) Triturado.

Para triturar la muestra se procede con un molinillo de aspas, similar al molinillo de café. Se introduce parte de la muestra en el molinillo y se tritura hasta que disminuya el volumen que ocupa. A continuación, sin vaciar el molinillo, se introduce más cantidad de muestra sin triturar y se procede de la misma manera, hasta que se encuentre toda la muestra semitriturada en el molinillo. Seguidamente se trituran las hojas hasta polvo impalpable (con una textura parecida a la harina) como puede apreciarse en la Figura 3.9



Figura 3.9 Muestra triturada

e) Almacenamiento.

Una vez triturada la muestra, se vierte sobre un bote de vidrio con tapón de rosca, previamente secado en estufa a 65°C durante treinta minutos. El bote se guarda cerrado herméticamente en un lugar seco y oscuro.

a) Preparación de las cenizas.

Se procesaron muestras de limbos foliares y analizado por separado para los niveles de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn y Zn, de acuerdo con la metodología descrita por Malavolta et al. (1989). Debido a la contaminación de las muestras de limbos de Cu, Mn y Zn, aplicación de origen principalmente fungicidas que contienen estos micronutrientes se aplicó método DRIS sólo para macronutrientes.

Procedimiento

Se toma un crisol de porcelana que este identificado con el número de la muestra, vacío y limpio y se introduce en la mufla. Se calcina durante 30 minutos a 525°-550°C en una mufla (Figura 3.10). Se lleva a un desecador para su enfriamiento, y una vez frío se tara en la balanza de precisión con una exactitud de cuatro decimales. Se ponen en el crisol de 2 gramos de la muestra triturada a analizar.

Una vez se tienen los crisoles con los 2 gramos de muestra, se calcinan en la mufla a 528°-550°C hasta que las cenizas queden blancas o grises (24-48 horas). Este proceso se podría acelerar calcinando a mayor temperatura, se correría el riesgo de perder elementos como el fósforo, restándoles validez al resultado del análisis.



Figura 3.10 Calcinación de las muestras en la mufla a 582 °C

Pasado el tiempo preciso, se sacan los crisoles con las cenizas de la mufla y se enfrían en el desecador, procediéndose a su pesado con la balanza de precisión y devolviéndose al desecador.



Figura 3.11 Crisoles en el desecador

El porcentaje de cenizas de la muestra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$\% \text{ Cenizas} \approx (\text{peso cenizas} - \text{tara crisol}) * 100 / 2 \text{ g de muestra}$

3.8.3 Preparación del extracto general de la muestra

Una vez mineralizada la muestra se procede a la dilución de las cenizas para la preparación del extracto general y la dilución 1:100, esta última para el análisis del calcio magnesio y potasio en la espectrofotometría de absorción atómica.

Para la preparación del extracto de la muestra se utilizó el método de la vía seca por ser el más sencillo en su ejecución y el menos peligroso.

Se pasan las cenizas a un vaso de precipitados y se lavan bien las paredes del crisol con agua bidestilada, y se añade todo al mismo vaso. Se vierten 5 mL de HCl 2N sobre las cenizas y se disuelve, filtrando sobre un matraz aforado de 50 ml, y enrasando el matraz con agua bidestilada agitando la solución para homogenizarla. Se toma 1 mL de la solución preparada y se enrasa hasta 100 ml con agua bidestilada en un matraz aforado de 100 ml.

3.8.4 Determinación del Nitrógeno

El nitrógeno (N-orgánico + N-NH₄⁺) se determinó por el método de Kjeldahl (Horneck y Miller, 1998) después de una mineralización en 5 ml de 95% de H₂SO₄ con 0,200 g de catalizador (71% K₂SO₄ + 27% CuSO₄ · 5H₂O + 2% Se) mezcla a 370 ° C durante 45 min. Posteriormente, el NH₃ se destila, y se recoge en solución de H₃BO₃ 2% y se valora con HCl 0,025N.

3.8.5 Determinación del fósforo

El fósforo, en disolución acida y en presencia de los iones V⁺⁵ y Mo⁺⁶, da un complejo amarillo de fosfomolibdovanadato, cuya absorbancia se mide con un espectrofotómetro a 400-420 nm. La

cuantificación se hace comparando las lecturas de la muestra con las de una recta patrón

Para el análisis químico de fósforo (P), Las concentraciones fueron expresadas sobre una base de peso seco.

Para prepara la solución vanado molibdico nítrico para determinar el fósforo tenemos que preparar dos soluciones. La primera solución, que denominaremos solución A, consiste en disolver en un vaso de precipitados 25 gr. de molibdato amónico en 400 cc de agua destilada. La solución segunda o solución B, debemos poner a calentar 300 cc de agua destilada a hervir en un placa. Cuando está hirviendo se disuelve 1.25 gr de metavanadato amónico, retiremos el vaso de precipitados de la placa y dejamos enfriar, Cuando se ha enfriado añadimos 250 cc de ácido nítrico concentrado, removemos con una varilla agitadora.

A continuación en un vaso de precipitados de 1000 cc. , vertemos la solución A sobre la solución B, mezclamos bien y pasamos a un aforado de un litro donde enrasamos con agua destilada.

Se toman 2 ml del extracto general de la muestra preparado anteriormente y se lleva a un matraz aforado de 50 ml. Se añade 10 ml de vanado molibdico nítrico y se agita, formase un complejo amarillo (fosfovanadomolibdico). Se enrasa el matraz hasta 50 ml con agua bidestilada y agitamos la disolución un poco para homogenizarla. Se deja reposar unos 10 minutos para que se desarrolle y se estabilice el color amarillo del complejo y leemos las absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 400-420 nm, anotándose las lecturas realizadas.

Paralelamente se realiza una curva de calibrado entre 0 y 5 ppm de fósforo. Se emplean para ello seis patrones correspondientes a 0.5, 1, 2, 3,4, y 5 ppm y el blanco correspondiente a 0 ppm.

Para preparar las soluciones patrón partimos de una solución madre de 50 ppm, de la que hay que tomar alícuotas de 0.5, 1, 2, 3,4 y 5 ml, y llevarlas a distintos matraces aforados de 50 ml. A la solución 0 ppm, denominada blanco. No se le debe añadir la solución madre, ya que no debe contener fósforo.

A todos los matraces, y por igual, se añaden 10 ml del reactivo Vanado molibdico nítrico y 0.2 ml de HCl 2N. Esto se realiza para que los patrones de la curva estén en las misma condiciones que las soluciones problemas.

Se enrasa con agua bidestilada hasta 50 ml. Se agita para homogenizar las muestras. A continuación dejamos reposar durante 10 minutos para que se forme el complejo de color amarillo. Pasado el tiempo se lee la absorbancia en el espectrofotómetro a 400-420 nm. Y se realiza la gráfica que relaciona las absorbancias con las correspondientes concentraciones en ppm de fósforo.

Cálculos

Calculamos el porcentaje de fósforo de la muestra mediante la siguiente fórmula:

$$\% P \approx (X * 0.125) / V_{muestra} \quad (ml)$$

X=ppm del fósforo de la solución problema obtenido de la gráfica de calibrado.

3.8.6 Determinación del K, Ca, Cu, Mn, Mg, Fe y Zn

La determinación de los nutrientes siguientes: K, Ca, Cu, Mn, Mg, Fe y Zn, se realizó mediante el uso de espectrofotometría de absorción atómica de llama, con el espectrofotómetro “Spectro AA 220 Fast Secuencial”

En la Tabla 3.6 se expresan las longitudes de onda y la dilución para la lectura de las concentraciones de los diferentes elementos estudiados mediante esta técnica. Longitud de onda y dilución para K, Ca, Cu, Mn, Mg, Fe y Zn para su estudio en la absorción atómica

Tabla 3.6 Longitudes de onda y dilución por concentración

Elemento	Longitud de onda(nm)	Dilución(ml)
K	766.5	1:100
Ca,	422.7	1:100
Mg	285.2	1:100
Cu	325	Extracto general de la muestra
Mn,	279.5	
Fe	248.3	
Zn	213.8	

En la Figura 3.12 se muestra las curvas patrón de los elementos determinados mediante la absorción atómica.

Figura 3.12 Curvas patrón de K, Ca, Cu, Mn, Mg, Fe y Zn par la absorción atómica

Primero se realiza el blanco del aparato, que no es más que agua bidestilada con una riqueza del 10% en HCl 2N. Después se lleva a cabo la preparación de la solución patrón con la que calibraremos el espectrofotómetro de absorción atómica y con la que el aparato realizará las curvas de calibrado de cada elemento.

Se preparan 500 ml de un solución que contenga 5 ppm de todos los elementos a determinar y con una riqueza del 10% de HCl 2N, para que esté en las mismas condiciones.

Se parte de soluciones madre de 1000 ppm, por lo que, si se quiere preparar 500 ml de la solución patrón de 5 ppm, se tendrá que añadir 2,5 ml de cada una de las soluciones madre en un matraz aforado de 500 ml, añadirle 50 ml de HCl 2N (10%) y enrasar hasta los 500 ml con agua bidestilada. Se agita para homogenizar la muestra y se inyecta en el aparato para calibrar.

Después de calibrar el espectrofotómetro y de que hayan realizado las correspondientes muestras, se toman las lecturas de las extractos de las muestras o en su caso de las diluciones de 1:100 K, Ca, Mg

debido a que sus concentraciones en el extracto son muy altas, hay que hacer que éstas estén dentro del intervalo de linealidad de la curva patrón, y se procede a los cálculos.

Cálculos

El porcentaje de K, Ca, Mg de la muestra se calcula mediante la siguiente fórmula (Siendo X la lectura del espectrofotómetro de cada elemento):

$$\% K \approx 0.25 * X$$

$$\% Ca \approx 0.25 * X$$

$$\% Mg \approx 0.25 * X$$

Se calcula las ppm de Cu, Mn, Fe y Zn de la muestra mediante la siguiente fórmula

(Siendo X la lectura del espectrofotómetro de cada elemento):

$$ppm Cu \approx 25 * X$$

$$ppm Mn \approx 25 * X$$

$$ppm Fe \approx 25 * X$$

3.8.7 Análisis en uvas

La metodología seguida en el análisis de uvas siguió el siguiente protocolo:

- 1°. Toma de muestras en campo
- 2°. Triturado, tamizado y centrifugado
- 3°. Preparación de las muestras para la realización de las diferentes determinaciones analíticas
- 4°. Realización de los análisis concretos

3.8.7.1 Toma de muestras

Los muestreos semanales se realizaron sobre las mismas cepas seleccionadas, cogiendo cada vez dos granos por racimo, a dos racimos por cepa, variando en cada cepa la posición del racimo del que se toma la muestra, y la posición del grano de cada racimo, sin mirar los racimos de uva mientras se muestrea, para evitar así coger involuntariamente los granos más gordos, sanos o de mejor aspecto. La finalidad fue coger granos de uva de todas las posiciones dentro del racimo (zona central, hombros, ápice terminal, etc.), así como seleccionar uvas de racimos colocados en todas las orientaciones geográficas (insolación) y diferentes alturas en la cepa (rastreros, más o menos ocultos por el follaje, etc.).

3.8.7.2 Preparación de muestras

Los pasos seguidos en la preparación de las muestras fueron:

- 1°. Triturado
- 2°. Tamizado
- 3°. Centrifugado

Para la determinación de los parámetros clásicos de madurez (pH, acidez total, grado Brix y contenido en ácidos orgánicos) se procedió primero a la extracción del mosto contenido en las uvas. Para ello se realizó un triturado de las uvas durante dos minutos exactos, medidos con cronómetro, con una batidora “americana” utilizada en la industria alimentaria para la obtención de batidos.

El producto triturado se tamizó con unos tamices cónicos de acero inoxidable, sometiendo los hollejos a una ligera presión manual para liberar el mosto. La parte líquida resultante se

centrifugó durante cinco minutos a 4.500 rpm, recogiendo la parte final clarificada.

Con diferentes alícuotas del centrifugado se realizaron las preparaciones de las diferentes determinaciones analíticas. El pH y la acidez total se determinaron en ese momento con un valorador automático marca “ATP”. El contenido en sólidos solubles, expresado como grado Brix, se determinó en ese momento por refractometría. Se realizó la preparación de muestra para la determinación posterior del contenido en ácidos orgánicos, acidificando con ácido sulfúrico, y estabilizando la muestra con etanol. Con diferentes porciones de uva se realizaron las extracciones con diferentes tampones de pH (1,0 y 3,2), según la metodología expuesta por Saint-Criq et al. (1998) y los extractos en metanol: fórmico: agua según Martínez et al. (2001).

3.8.7.3 Extractos de compuestos fenólicos

Se realizaron las siguientes extracciones:

- Extracto con tampón de pH = 1,0
- Extracto con tampón de pH = 3,2
- Extracto metanol: fórmico

3.8.7.4 Extractos con tampones de pH 1,0 y 3,2

Para la determinación de los contenidos de antocianos, polifenoles y otras características físico-químicas se ha realizado la extracción en uvas según el método descrito por Gloríes et al. (Gloríes, 1999; Saint-Criq et al., 1998 y 1999).

Sobre este método se han realizado diferentes modificaciones debidas a:

- 1°. La peculiaridad de las uvas de la variedad Bobal, que

son de tamaño de grano muy grande.

- 2°. La limitación en la disponibilidad de uva en los muestreos por el reducido tamaño de las parcelas.
- 3°. Por criterios de eficacia y eficiencia en la ejecución material de las extracciones, puesto que se trata de evaluar su viabilidad, entre otros usos, como método rápido en las bodegas.

En esencia se van a realizar dos extracciones en medios tamponados a pH 1,0 y pH 3,2, de tal modo que al pH inferior se supone que se consigue la máxima extracción de los hollejos, debido a la fuerte digestión ácida. A pH 3,2, similar al pH del mosto- vino, se accede a los compuestos fenólicos fácilmente extraíbles.

El método original parte de una muestra de 400 bayas, que en nuestro caso se reducen a 150. En el método bibliográfico se utilizan 200 bayas para obtener mosto para analizar los parámetros básicos (pH, acidez total y azúcares) y para determinar la relación jugo/orujo, tras lavado, secado y pesado de los hollejos. Para poder reducir la cantidad de uva recolectada en cada muestreo, se decidió estimar el porcentaje de mosto en un 77% (según datos históricos propios del Servicio de Viticultura y Enología, utilizando datos de los últimos 15 años en Bobal). El rendimiento oscila entre un 65 y un 85%, por lo que el posible error cometido en la estimación se consigue reducir a un 1% simplemente aumentando el volumen total de la disolución extractante. Los cálculos efectuados para asumir esta aseveración son:

A unos 50 g, de uva triturada se le añaden 500 ml de disolución tampón.

Si consideramos un rendimiento máximo del 85% en jugo:

$$\begin{aligned}\text{Volumen mosto} &= 50 * 0,85 = 42,5 \text{ ml} \\ \text{Volumen añadido} &= 500 \text{ ml de disolución tampón} \\ \text{Volumen final}^1 &= 500 \text{ ml} + 42,5 \text{ ml} = 542,5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Si se considera un rendimiento mínimo del 65% en jugo, será:

$$\begin{aligned}\text{Volumen mosto} &= 50 * 0,65 = 32,5 \text{ ml} \\ \text{Volumen añadido} &= 500 \text{ ml de disolución tampón} \\ \text{Volumen final}^2 &= 500 \text{ ml} + 32,5 \text{ ml} = 532,5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Por lo tanto, para un rendimiento estimado finalmente del 77%, que es el promedio de los datos históricos, tendremos:

$$\begin{aligned}\text{Volumen mosto} &= 50 * 0,77 = 38,5 \text{ ml} \\ \text{Volumen añadido} &= 500 \text{ ml de disolución tampón} \\ \text{Volumen final}^3 &= 500 \text{ ml} + 38,5 \text{ ml} = 538,5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Por lo tanto, el volumen final es de 538,5±mL, cometiendo un error máximo inferior al 1% en la estimación del volumen total de disolución. Por consiguiente, se estima pertinente no determinar para cada muestra, por pesado, lavado y desecación, el rendimiento en mosto, con la finalidad de simplificar la metodología de análisis, sin perder precisión.

La metodología general seguida en el procesado de las muestras de uva aparece en el esquema de la Figura 3.13 en el que pueden observarse las tres extracciones realizadas con la misma muestra.

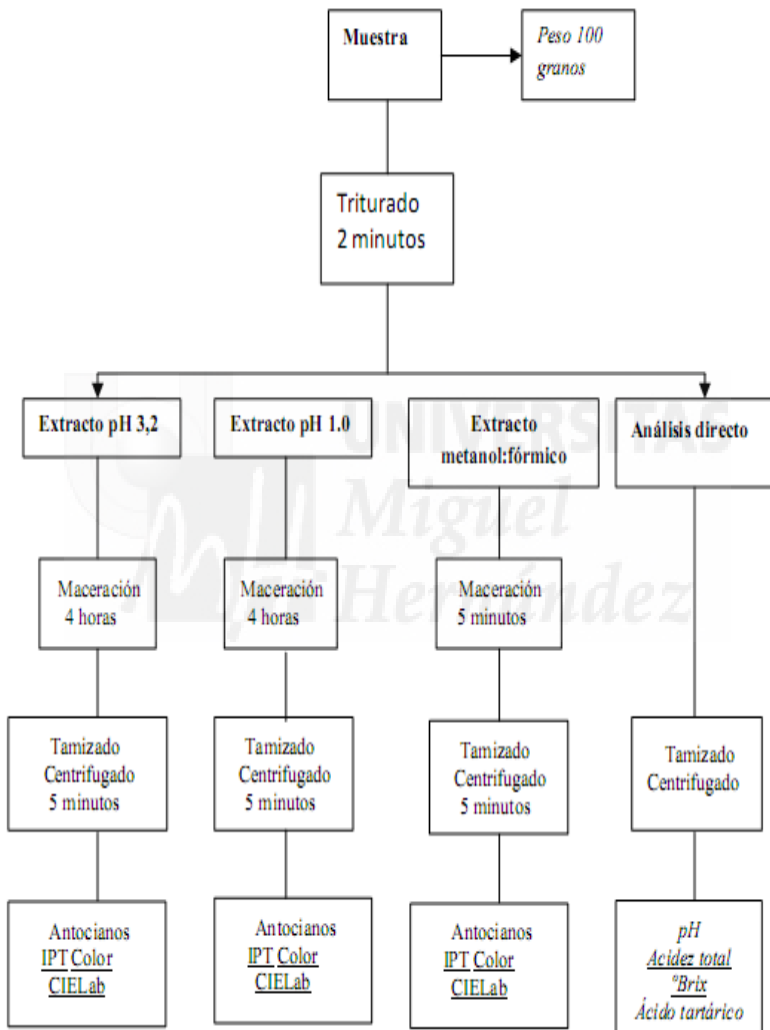


Figura 3.13 Esquema general del proceso analítico de las muestras de uva

El extracto a pH 3,2 se realizó según el esquema que aparece en la Figura 3.14 en la que se observa con detalle las determinaciones realizadas.

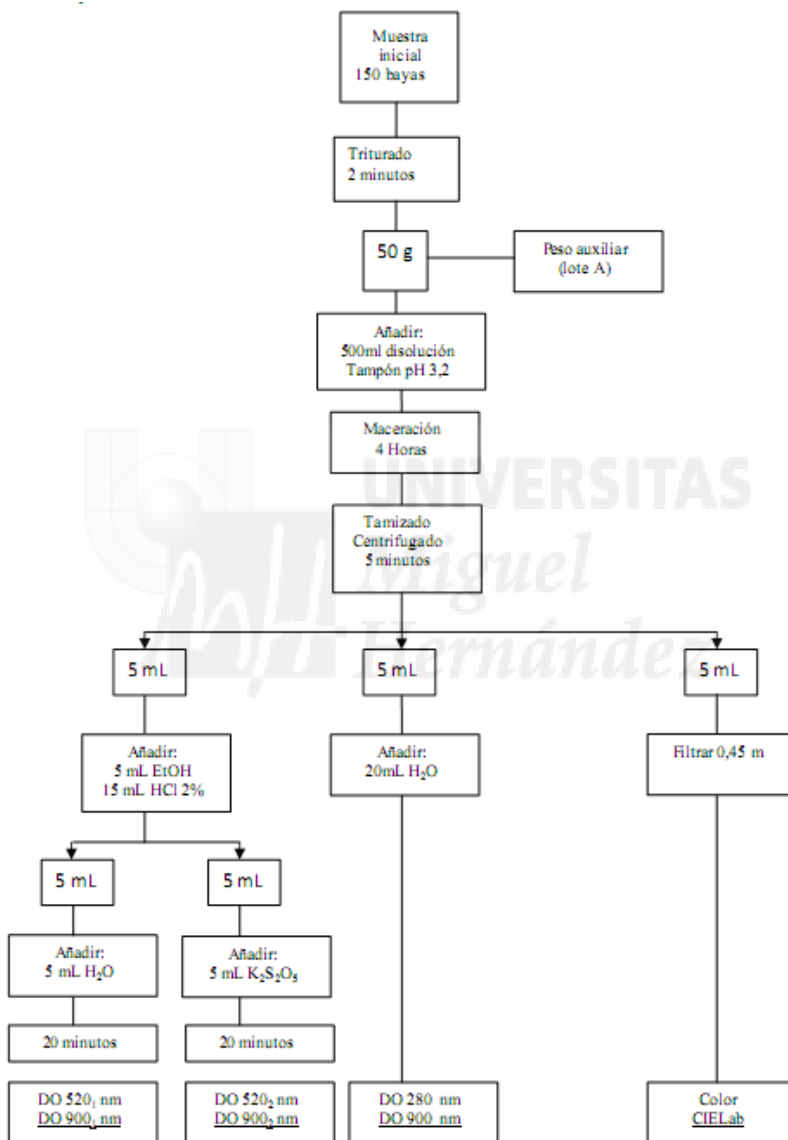


Figura 3.14 Esquema general del extracto a pH 3,2

El extracto a pH 1,0 se realizó según el esquema que aparece en la Figura 3.15, en la que se detallan las determinaciones realizadas y los volúmenes de reactivos utilizados.

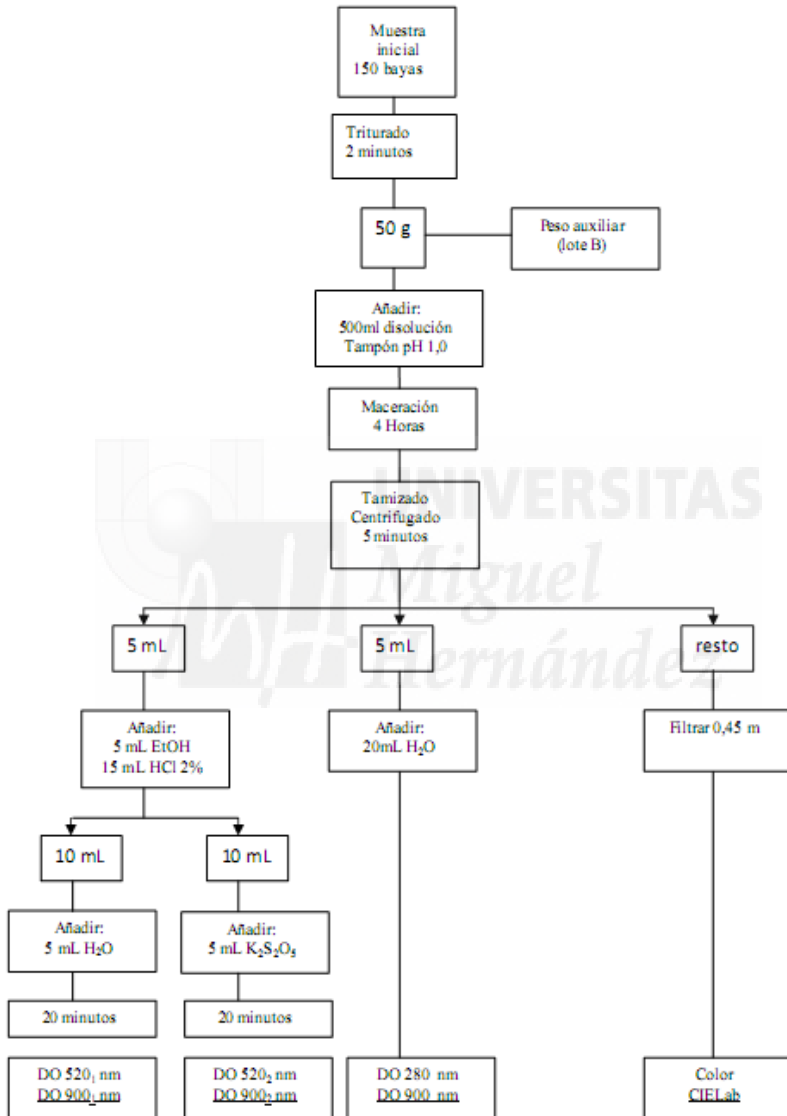


Figura 3.15 Esquema general del extracto a pH 1,0

En el método original de Gloríes (1999), tras la maceración de 4 horas a temperatura ambiente se filtra con lana de vidrio, mientras que en el método modificado se procede a tamizar con unos embudos perforados de acero inoxidable y posterior centrifugado durante 5 minutos a 4.000 rpm.

Posteriormente, se realiza la determinación del potencial de antocianos extraíbles (A pH_{3,2}), el potencial total de antocianos (A pH_{1,0}) y la riqueza fenólica (IPT).

Por cálculo se obtienen (Saint-Cricq et al., 1998), los índices siguientes:

- Taninos de pepitas (dT_{pep})
- Índice de extracción antociánica o de madurez celular (EA)
- Índice de madurez de pepitas (MP)

Para cada una de las extracciones se realizaron los siguientes

Cálculos: Peso muestra = P_x

Volumen disolución = V = Volumen disolución tampón + (P_x * 0,77)

Siendo 0,77 el rendimiento medio en mosto de la uva de Bobal.

$d_{280} = IPT = \text{Riqueza fenólica}$

$$RF_{3,2} = (A_{280}_3 - A_{900}_3) * \left(\frac{(\text{dilución}) * \frac{25}{5} * V}{P_x * 0,77} \right)$$

$$RF_{3,2} = (A_{280}_3 - A_{900}_3) * \left(\frac{(\text{dilución}) * \frac{25}{5} * V}{P_x * 0,77} \right)$$

También se ha determinado, complementariamente a los índices

de Glorías, la riqueza fenólica en los extractos a pH 1,0 (RF_{1,0}) y metanol: fórmico (RF_{MF}). Así:

$$ApH_{3,2} \text{ (mg/L)} = \left[\left((A520_1 - A900_1) - (A520_2 - A900_2) \right) \right. \\ \left. * \frac{25 * 15}{5 * 10} (\text{dilución}) * 863.37 \right) + 1.2296 \right] * \frac{V}{Pa * 0.77}$$

En donde se ha utilizado la ecuación para el cálculo de los antocianos (Ribéreau- Gayon et al., 1980):

$$[\text{Antocianos (mg/L)}] = a + bx$$

x = Dodif;

a = 1,2296;

b = 863,37.

$$ApH \text{ (mg/L)} = \left[\left((A520_1 - A900_1) - (A520_2 - A900_3) \right) \right. \\ \left. * \left(\frac{25 * 15}{5 * 10} (\text{dilución}) * 863.37 \right) + 1.2296 \right] * \frac{V}{Pb * 0.77}$$

$$\underline{\mathbf{EA}} = 100 * (A \text{ pH}_{1.0} \text{ (mg/L)} - A \text{ pH}_{3.2} \text{ (mg/L)}) / A \text{ pH}_{1.0}$$

$$\underline{\mathbf{DTep}} = d280 - (A \text{ pH}_{3.2} * 40 / 1000)$$

$$\underline{\mathbf{MP}} = 100 * dTep / 280$$

3.8.8 Análisis físico-químicos

3.8.8.1 Peso de 100 granos

Es un parámetro del crecimiento fisiológico, en el que tomando diversas muestras a lo largo de la maduración de la uva, se puede seguir el proceso del aumento de peso del grano de uva en la parcela y, por tanto, la acumulación de agua y azúcares, y así, se convierte en un índice de madurez de la uva sencillo de realizar, considerando, a grosso modo, que una vendimia ha alcanzado su madurez cuando no experimenta incremento de peso en unos pocos días (Hidalgo, 1999). Tradicionalmente, se ha expresado el valor del peso de 100 granos, y no el peso medio por grano, teniendo obviamente el mismo significado. Se refiere al peso de 100 granos enteros, sin romper, con su piel y pepitas, sin cabecil ni pedicelo. Para su determinación se utilizó un granatario y se pesaron unos 150 granos aproximadamente, expresando el resultado final referido siempre a 100 bayas, en gramos.

3.8.8.2 pH

El valor del pH en un mosto es un parámetro importante, ya que muestra el nivel de salificación de los diferentes ácidos orgánicos que contiene la uva, además de que el estudio de su evolución a lo largo de la maduración de la uva da una idea de su estado de madurez. Hay que tener en cuenta que el valor del pH es un parámetro importante a la hora de decidir el momento de vendimia, ya que con valores de pH elevados podemos tener problemas de estabilidad microbiológica y, por tanto, necesidad de realizar posteriores correcciones de acidez de los mostos en bodega. Cada variedad tiene un comportamiento diferente (Gil et al., 2003 y 2004; Sella et al., 2001), y se ve fuertemente influido por la climatología y el estado hídrico de la planta (Hidalgo, 1999). No existen relaciones directas que permitan predicciones entre el pH y la acidez total valorable (Amerine et al., 1976).

Para su determinación se siguió la metodología de la CEE, expuesta en el Reglamento (CEE) N° 2676/90. Se utilizó indistintamente un medidor de pH digital de laboratorio, o bien un autoanalizador enológico conjunto de pH y acidez total, marca ATP, con el que se determina simultáneamente el pH y la acidez total. En ambos casos se realizaron calibrados de pH y acidez total diarios. Las determinaciones del pH se realizaron por duplicado, aceptando como valor verdadero la media de ambas determinaciones. Los resultados se expresan con dos decimales.

3.8.8.3 Acidez total

El mosto es una disolución con marcado carácter ácido, fundamentalmente debida a los ácidos tartárico y málico. Estos ácidos orgánicos se combinan con diferentes compuestos, resultando la disolución final con diferente fuerza ácida, la cual se mide con este parámetro. Paralelamente al valor del pH, la evolución de este parámetro a lo largo de la maduración nos da una idea del estado de madurez de la uva y del momento de vendimia, no debiendo permitir que descienda en exceso, ya que el sabor del posterior vino obtenido se potencia en un medio de acidez adecuada, además de su importante función antiséptica.

La determinación se realizó hasta la neutralización de los ácidos a $\text{pH} = 7,0$, siguiendo la metodología de la CEE, expuesta en el Reglamento (CEE) N° 2676/90. El dióxido de carbono no se incluye en la acidez total. Indistintamente, se realizó la valoración con bureta y medidor de pH electrónico para la detección del punto final de la neutralización ($\text{pH} = 7,0$), o con el valorador automático marca “ATP”, con el que se determina simultáneamente el pH y la acidez total.

De cada muestra se realizaron dos determinaciones, aceptando como resultado final el valor promedio de ambas determinaciones. El resultado se expresa con dos decimales, como contenido en ácido tartárico en g/L.

3.8.8.4 Contenido en sólidos solubles. Grado Brix

Del total de materias disueltas en el mosto, el 90% de las mismas son azúcares fermentables (Amerine et al., 1976), fundamentalmente fructosa y glucosa casi al 50% (Hidalgo, 1999). Por ello, se ha utilizado este parámetro como indicador del contenido en azúcares y por lo tanto del contenido alcohólico final de los vinos.

La determinación del contenido en sólidos solubles es mucho más sencilla, rápida y económica que la determinación de los contenidos de fructosa y glucosa por cromatografía líquida. Por lo tanto esta determinación, y el estudio consiguiente de su evolución a lo largo de la maduración de la uva es uno de los parámetros de calidad más importantes, decisivos también para la determinación del momento de la vendimia.

La determinación se realizó por refractometría digital, siguiendo la metodología de la CEE, expuesta en el Reglamento (CEE) N° 2676/90. El resultado se expresa en % de sacarosa, tal y como se obtiene directamente del refractómetro, o grado Brix.

Cada muestra se analizó por triplicado, admitiendo como resultado final la media de las tres determinaciones. El resultado se expresa con un decimal y la unidad es el grado Brix (°Brix) o porcentaje de sacarosa.

3.8.8.5 Antocianos

La determinación del contenido total de antocianos se fundamenta en la metodología expuesta por Ribéreau-Gayon et al. (1965), por decoloración con sulfuroso, utilizando la propiedad de los antocianos de combinarse de forma incolora con el ion bisulfito. Se admite que los otros constituyentes del mosto no intervienen, y que la variación es proporcional a la cantidad de antocianos.

En ambas preparaciones, con y sin sulfuroso, se realizan lecturas espectrofotométricas a 520 y 900 nm para corregir el efecto de la

turbidez.

3.8.8.6 Polifenoles

Para la determinación de la cantidad de compuestos fenólicos se utiliza la propiedad que presentan estos compuestos de absorber radiación ultravioleta (280 nm), debido esencialmente a los anillos bencénicos (Ribéreau-Gayon, 1964 y 1966). Se estima un índice conjunto, índice de polifenoles totales (IPT), realizando la lectura espectrofotométrica a 280 y a 900 nm para la corrección de la turbidez (Ribéreau-Gayon et al., 1980; Ritchey et al., 1999)



4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EMPLEADOS

El análisis de la varianza (ANOVA) es una de las herramientas estadísticas más utilizadas ya que permite la separación de las diversas fuentes de variación (Massart et al., 1997). El objetivo del ANOVA es comparar los diversos valores medios para determinar si alguno de ellos difiere significativamente del resto.

Además de los datos determinados, en los análisis existen otro tipo de datos (parámetros) que van a representar a toda la población, o indicar si la población está muy concentrada o muy dispersa.

Tratamiento estadístico de los datos

Como paso previo al tratamiento estadístico de las muestras, la base de datos es sometida a un proceso de depuración. Para ello se hace uso de Statgraphics y su herramienta de identificación de valores atípicos. Esta herramienta se basa en discriminar valores en función de la desviación estándar (σ), descartando aquellos que distan más de $3,5\sigma$ de la media. Puesto que las muestras nutricionales no han de constituirse en distribuciones normales, será la experiencia de los autores la que determine si los valores señalados por Statgraphics son errores de bulto en la transcripción, o valores realmente anómalos. De este proceso la base de datos se desprende de 34 casos, por lo que el número final de análisis disponibles es de 1317.

Una vez depurada, se analiza la base de datos mediante técnicas estadísticas. El objetivo es justificar la necesidad de afrontar por separado el estudio nutricional de la vid según cada una de las combinaciones de variedad y patrón presentes en el muestreo foliar. La hipótesis de partida contempla que los niveles nutricionales de la vid dependen significativamente de la variedad de la que procedan, y del portainjerto sobre el que se cultive dicha variedad. De confirmarse dicha hipótesis, se

trabajará separando los datos según la combinación de variedad/patrón, y se calcularán tanto los rangos de normalidad, como las normas DRIS, de forma independiente para cada una de ellas. Para ello se recurre a la técnica del análisis de varianzas y la prueba de rangos múltiples mediante Statgraphics.

Periodos de estabilidad y rangos de normalidad

Para determinar la tabla interpretativa de un análisis foliar normal, es decir, por rangos de suficiencia (RS) y normalidad (RN), es necesario determinar aquellos periodos en los que los nutrientes permanezcan estables. Un nutriente permanecerá estable cuando sus niveles no varían entre dos o más fechas consecutivas. Se busca, por tanto, el periodo en el que los cinco nutrientes presenten estabilidad en sus niveles foliares al mismo tiempo, siendo esta la fecha adecuada para su muestreo en campo.

Se realizará la prueba de rangos múltiples sobre cada uno de los cinco nutrientes y las 9 fechas de muestreo. De esta manera se pueden determinar los periodos no significativos en los que los niveles foliares de cada nutriente permanecen estables. Los valores de N, P, K, Ca y Mg a lo largo del periodo foliar de la vid se representan en gráficos, junto con los resultados de la prueba de rangos múltiples, permitiendo determinar fácilmente la fecha adecuada de muestreo de cada variedad/patrón.

Conociendo los periodos no significativos, se determinan las tablas interpretativas de los rangos de normalidad. Cada tabla se calcula utilizando únicamente los análisis foliares correspondientes al periodo no significativo. Estas tablas interpretativas permitirán determinar el estado nutricional de las plantas, a través de las futuras muestras foliares, en función de los niveles de cada elemento. Los rangos se determinan haciendo uso de la media y la desviación estándar.

Índice de desviación Estándar

El Índice de Desviación Estándar (IDS) es un método estático sencillo, equivalente a los Rangos de Normalidad (RN). La desviación estándar permite determinar el rango en torno a la norma en el cual, se considera que un determinado nutriente se encuentra en un adecuado estado nutricional. Haciendo uso de la media y la desviación estándar, este índice ofrece un resultado entre +10 y -10 para cualquier nutriente y cultivo, lo que facilita considerablemente la interpretación de los resultados por parte del técnico. La fórmula empleada es la siguiente:

$$IDS = \frac{\text{Valor muestra} - \text{Valor media}}{\text{Desv. std.}} \times 10$$

De esta forma, se establece una tabla interpretativa de carácter universal, puesto que puede ser utilizada sobre cualquier cultivo, y de muy sencillo manejo.

	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
IDS	< -20	-20 a -10	-10 a 10	10 a 20	>20

Discriminación de varianzas

Las normas DRIS, M-DRIS y CND para muestras vegetales se seleccionan a partir de formas de expresión como cocientes o productos, y se desarrollan a partir de grupos de plantas de referencia. Así, la selección de las normas se basa en la prueba de la discriminación de varianzas, que determina la relación entre la varianza más grande y la más pequeña de un banco de datos de distribución normal (Sumner, 1977).

Según Jones (1981), la prueba de relaciones de varianza o cocientes entre nutrientes es útil para la selección de normas (Figura 8), siendo necesario que el banco de datos posea una distribución normal (Walworth and Sumner, 1987).

Según Arizaleta et al. (2002), Giménez et al. (2004) y Martínez et al. (2004) se utilizará el criterio de discriminación de varianzas para la selección de las relaciones de nutrientes, seleccionando para ello las relaciones con menor coeficiente de variación.

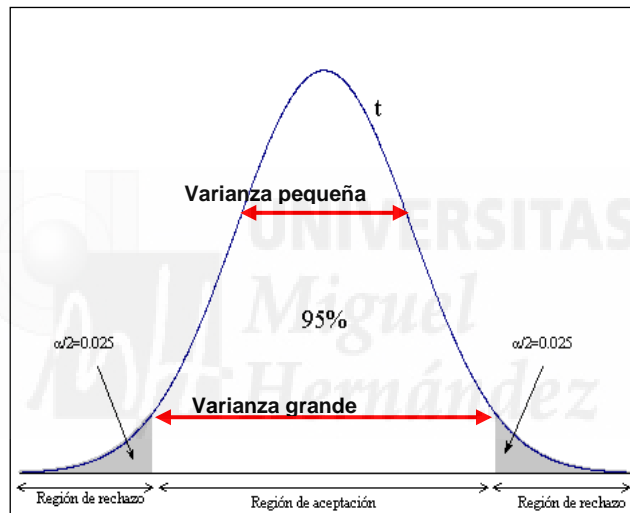


Figura 4.1 Prueba de discriminación de la varianza.

Programas estadísticos empleados

Para la realización de los estudios estadísticos se emplearon diversos programas informáticos, tales como SPSS 16.0, Statgraphics Centurion XV y Microsoft Excel 2010. Los programas Statgraphics y SPSS han sido utilizados para la depuración y análisis de datos, utilizándose el programa Excel para procesar la información generada y representar gráficamente diferentes resultados.

Mediante el uso de Excel, y de diferentes fórmulas

correspondientes a cada uno de los métodos a aplicar (DRIS, M-DRIS y CND), se obtuvieron los resultados para su posterior estudio y análisis.

Obtención de las normas DRIS, M-DRIS y CND

En los métodos *DRIS*, *M-DRIS* y *CND* para diagnosticar el estado nutricional de una planta, las unidades de sus concentraciones se eliminan, obteniéndose valores adimensionales que se denominan Índices de nutrientes. Se pueden comparar los distintos índices entre sí, indicándose además la existencia de desequilibrios o equilibrios entre cada nutriente mediante valores positivos o negativos (Giménez et al. 2006).

Normas DRIS y M-DRIS

Para el cálculo de las normas *DRIS* se siguieron las recomendaciones de Beaufils, (1973); Sumner, (1987); Rodríguez y Rodríguez, (2000); Mourao, (2004) y Giménez et al. (2006). Se aplicaron a los siguientes macroelementos: N, P, K, Ca y Mg.

Las normas *DRIS* se crean tras definir una población de referencia. Es decir, una vez obtenida la relación entre todos los pares de nutrientes y sus respectivos coeficientes de variación (Mourao, 2004). El ratio entre los pares de nutrientes puede ser inverso o directo, de tal forma que, la relación entre el nitrógeno y el fósforo, por ejemplo, puede expresarse como N/P, P/N o P x N. La elección del tipo de ratio dependerá del coeficiente de variación, seleccionando aquel con menor valor (Figura 11) (Giménez et al., 2006)

$$f(N) = \frac{N - N_{media}}{SD} \times 10$$

Ejemplo de función del nitrógeno.

ÍNDICES DRIS

Una vez establecidas las Normas *DRIS*, se calcularon los índices *DRIS* para cada nutriente en todas las muestras del banco de datos (Beaufils, 1973). Para un nutriente X el índice fue:

El cálculo de los Índices *DRIS* para cada nutriente se determinó mediante la siguiente fórmula general:

$$I_x = \frac{\left[\sum_{i=1}^m f(Y/X_i) - \sum_{j=1}^n f(X_j/Y) \right]}{(m+n)}$$

Cálculo del índice *DRIS* para un nutriente X.

Dónde:

I_x = Índice *DRIS* para X

X = nutriente para cálculo del índice

Y = otro nutriente

m = número de funciones cuyo factor X se encuentra en el denominador de la norma.

n = número de funciones cuyo factor X se encuentra en el numerador de la norma.

Cada índice es la media de todas las funciones de relación donde está involucrado el nutriente. Si el elemento que se calcula está en

el numerador, se respeta el signo; pero si está en el denominador, se considera el signo negativo.

Se presentó una dificultad al determinar los distintos índices, dado que las fórmulas de éstos mostraban diferentes denominadores. Este desequilibrio numérico se solventó con el empleo de un denominador en función de los nutrientes estudiados, y no con el número de funciones que conforman el índice del nutriente. Así, se asegura que el sumatorio de los índices positivos y negativos es igual a cero, para que exista el equilibrio numérico entre los nutrientes de la muestra analizada (Rodríguez y Rodríguez, 2000).

$$\begin{aligned} \text{Índice.N} &= \frac{[f(N/P) + f(N/K) + f(N/Mg) + f(N/Ca)]}{5} \\ \text{Índice.P} &= \frac{[-f(N/P) + f(P/K) + f(P/Mg) + f(P/Ca)]}{5} \\ \text{Índice.K} &= \frac{[-f(N/K) - f(P/K) + f(K/Mg) + f(K/Ca)]}{5} \\ \text{Índice.Mg} &= \frac{[-f(N/Mg) - f(P/Mg) - f(K/Mg) + f(Mg/Ca)]}{5} \\ \text{Índice.Ca} &= \frac{[-f(N/Ca) - f(P/Ca) - f(K/Ca) - f(Mg/Ca)]}{5} \end{aligned}$$

Cálculo de los índices DRIS.

Para el método *M-DRIS* se precisó el cálculo de un índice de materia seca (*IMS*) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice.Mat.Seca} = \frac{[-f(N) - f(P) - f(K) - f(Ca) - f(Mg)]}{5}$$

Ejemplo de cálculo del índice de materia seca para el *M-DRIS*.

De tal forma que:

$$\begin{aligned} \text{Índice}N_{MS} &= IN - IMS \\ \text{Índice}P_{MS} &= IP - IMS \\ \text{Índice}K_{MS} &= IK - IMS \\ \text{Índice}Ca_{MS} &= ICa - IMS \\ \text{Índice}Mg_{MS} &= IMg - IMS \end{aligned}$$

Cálculo del Índice *M-DRIS*.

Índice del Balance de los Nutrientes (IBN)

El sumatorio absoluto de los valores de los índices, genera otro índice denominado *Índice del Balance Nutricional (IBN)* (Rodríguez y Rodríguez, 2000; Mourao, 2004; Giménez et al., 2006). Este índice puede ser un indicador del estado nutricional de la planta, pudiéndose averiguar la causa de un estado nutricional desequilibrado si los valores más altos del sumatorio lo indicasen. Si los valores fueran más bajos, indicarán una alta carga de cosecha. El *IBN* puede ser calculado tanto para el *DRIS* como para el *M-DRIS* (Mourao, 2004)

Una vez determinados los índices *DRIS* para cada nutriente, se calculó el *Índice de Balance de los Nutrientes* sumando los valores absolutos de todos los índices de la siguiente manera:

$$IBN = |IN| + |IP| + |IK| + |ICa| + |IMg|$$

Cálculo del Índice de Balance de Nutrientes *DRIS*.

De igual forma se calculó el *Índice de Balance de los Nutrientes M-DRIS*, sumando los valores absolutos de todos los índices anteriores además del índice de materia seca:

$$IBNMS = |IN| + |IP| + |IK| + |ICa| + |IMg| + |IMS|$$

Cálculo del Índice de Balance de Nutrientes *M-DRIS*

Cuanto mayor es el valor de *IBN*, mayor será el desequilibrio nutricional; esperándose por tanto un menor rendimiento (Elwali y Gascho, 1984; Rodríguez, et al., 1999). La escala de rangos del *IBN* establecida (Giménez, 2008) es la siguiente:

Tabla 4.1: Interpretación del IBN en el DRIS y M-DRIS.

Muy Bueno	Bueno	Cierto desequilibrio	Muy desequilibrado
0-15	15-30	30-60	> 60

Normas CND

El cálculo de las normas *CND*, se realizó según los estudios de Aitchison, (1982); Parent y Dafir, (1992) y Khiari et. al. (2001). Se considera un parámetro adimensional "*S^d*" formado por los diferentes nutrientes, más un valor de relleno "*R_d*" que representa a todos los nutrientes que no han sido determinados analíticamente. La aplicación teórica es la siguiente:

$$S^d = [(N, P, K, \dots, R_d)]$$

Parámetro adimensional "*S^d*".

Donde $N > 0$; $P > 0$; $K > 0$

$$R_d > 0, \dots, N + P + K + \dots + R_d = 100$$

Sumatorio de todos los nutrientes.

Siendo 100 la concentración de materia seca (%) y N, P, K... los nutrientes analizados, mientras que R_d serían el resto de nutrientes no analizados:

$$R_d = 100 - (N + P + K + \dots)$$

Valor de relleno "Rd".

Estas proporciones se vuelven invariables en escala después de dividir por la media geométrica (G) de todos los componentes, incluido el término R_d :

$$G = [N * P * K * \dots R_d]^{\frac{1}{d+1}}$$

Media geométrica "G".

Y para cada observación se determinan los logaritmos:

$V_{\text{Nitrógeno}}^* = \text{Ln}\left(\frac{N}{G}\right)$	$V_{R_d}^* = \text{Ln}\left(\frac{R_d}{G}\right)$
$V_{\text{Fósforo}}^* = \text{Ln}\left(\frac{P}{G}\right)$	$V_{\text{Magnesio}}^* = \text{Ln}\left(\frac{Mg}{G}\right)$
$V_{\text{Potasio}}^* = \text{Ln}\left(\frac{K}{G}\right)$	$V_{\text{Calcio}}^* = \text{Ln}\left(\frac{Ca}{G}\right)$

Definición de logaritmos por nutriente.

Por definición, la suma de los compuestos de un tejido vegetal debe ser el 100%. Por tanto, la suma de todos los logaritmos debe ser cero:

$$V_N^* + V_P^* + V_K^* + V_{Ca}^* + V_{Mg}^* + \dots + V_{R_d}^* = 0$$

Suma de todos los logaritmos

Tras definir las *normas*, los resultados analíticos de nuestra muestra pueden ser interpretados con los índices *CND*:

$\text{Índice}_{\text{Nitrógeno}} = \left(\frac{V_{\text{Nitrógeno}} - V_{\text{Nitrógeno}}^*}{SD_{\text{Nitrógeno}}^*} \right)$	$\text{Índice}_{\text{Calcio}} = \left(\frac{V_{\text{Calcio}} - V_{\text{Calcio}}^*}{SD_{\text{Calcio}}^*} \right)$
$\text{Índice}_{\text{Fósforo}} = \left(\frac{V_{\text{Fósforo}} - V_{\text{Fósforo}}^*}{SD_{\text{Fósforo}}^*} \right)$	$\text{Índice}_{\text{Magnesio}} = \left(\frac{V_{\text{Magnesio}} - V_{\text{Magnesio}}^*}{SD_{\text{Magnesio}}^*} \right)$
$\text{Índice}_{\text{Potasio}} = \left(\frac{V_{\text{Potasio}} - V_{\text{Potasio}}^*}{SD_{\text{Potasio}}^*} \right)$	$\text{Índice}_{R_d} = \left(\frac{V_{R_d} - V_{R_d}^*}{SD_{R_d}^*} \right)$

Cálculo de los Índices *CND*.

5 RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados analíticos de cada muestra, tanto del contenido de elementos nutrientes como de la aptitud enológica, se organizan en una base de datos de Microsoft Excel que permite seleccionar y hacer uso de grupos de análisis en función de una o varias de las variables que los conforman.

Para poder inferir comportamientos diferenciados a cada una de las combinaciones de variedad/patrón de la muestra, ha de determinarse la independencia estadística de cada una de ellas. Mediante el análisis de varianzas y la prueba de rangos múltiples, se determina si los factores variedad y patrón definen poblaciones diferenciadas en la base de datos, o si por el contrario, se comportan como una única población.

El comportamiento de los niveles foliares a lo largo del periodo fenológico estudiado no constituye, en modo alguno, una muestra de distribución normal. Este hecho supone un problema a la hora de inferir las propiedades de dicha muestra a la población objetivo. Sin embargo, y en virtud del Teorema Central del Límite, una muestra de población no normal de 30 variables aleatorias o más, es suficiente para aproximarse a una distribución normal. Esta aproximación mejora cuanto mayor sea el número de unidades de la muestra. En el muestreo realizado para este estudio, el número de análisis supera con creces esta cifra, por lo que se podrá hacer uso del análisis de varianzas sin objeción.

Se dispone de 1317 análisis correspondientes a 5 variedades y 4 patrones, organizados en 10 combinaciones de la forma que se muestra a continuación.

Bobal	110-R	161-49C	41-B
Cabernet Sauvignon	110-R	161-49C	SO4
Chardonnay	110-R		
Merlot	110-R		SO4
Tempranillo	110-R	161-49C	

Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las 5 variedades de la muestra, respecto a cada uno de los macroelementos, se calcula el análisis de varianzas sobre los 1317 datos, sin discriminar entre patrones.

	Tamaño	N	P	K	Ca	Mg
Variedades	1317	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG

La distribución de los análisis foliares respecto a cada macroelemento es significativamente diferente según la variedad a la que correspondan. La prueba de rangos múltiples permite determinar las diferencias y similitudes entre cada una de las variedades

Tabla 5.1 Resultado de la prueba de rangos múltiples para las variedades. Se muestran las medias

	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Bobal	1,9696 a	0,1147 a	0,6305 a	3,1428 a	0,3729 a
C Sauvignon	2,2581 b	0,1466 c	0,7147 b	3,5072 d	0,5529 d
Merlot	2,2645 b	0,1379 b	0,7383 b	3,3343 c	0,4934 c
Tempranillo	2,4341 c	0,1549 d	0,7575 b	3,3007 bc	0,4327 b
Chardonnay	2,3256 b	0,1590 d	0,9756 c	3,1969 ab	0,4338 b

Se observa que ninguna variedad comparte el patrón estadístico con otra. Se puede afirmar, por tanto, que cada una de las variedades de vid se comporta, a nivel estadístico, como una población diferenciada respecto a las demás.

A continuación se realiza el mismo proceso, pero en este caso se comparan los 5 patrones que componen la muestra. Como en el caso anterior, se someten los 1317 datos al análisis de las varianzas entre patrones, sin discriminar entre variedades.

	Tamaño	N	P	K	Ca	Mg
Patrones	1317	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG

El resultado muestra que existen diferencias significativas entre los datos foliares según el patrón al que correspondan. Mediante la prueba de rangos múltiples se comprueba si los 5 patrones son poblaciones de datos diferenciadas o, por el contrario, alguno se comporta de manera análoga a otro.

Tabla 5.2 Resultado de la prueba de rangos múltiples para los patrones. Se muestran las medias.

	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
110-R	2,0925 a	0,1330 b	0,6763 a	3,2622 b	0,4719 c
161-B	2,3592 b	0,1431 c	0,7276 b	3,2495 b	0,4047 a
41-B	2,1297 a	0,1164 a	0,6674 ab	3,0098 a	0,4397 abc
SO4	2,4002 b	0,1524 d	0,9396 c	3,5590 c	0,4386 b

Se observa que cada patrón sigue una distribución diferente a la de los restantes. En consecuencia, los patrones pueden considerarse poblaciones estadísticamente diferenciadas respecto a los niveles nutricionales.

El siguiente paso consiste en estudiar el efecto conjunto de ambos factores, variedad y patrón. Disponiendo de muestras foliares correspondientes a una misma variedad sobre diferentes patrones, puede analizarse el comportamiento de cada uno de ellos respecto a los macronutrientes. Para ello, se realiza un estudio de varianzas entre los patrones correspondientes a una sola variedad. Evidentemente, este análisis solo puede llevarse a cabo para aquellas variedades cultivadas sobre más de un patrón, por lo que no figura el caso de Chardonnay, utilizado únicamente sobre 110-R

Tabla 5.3. Resultado del análisis de varianzas entre los patrones de cada variedad.

	Tamaño	N	P	K	Ca	Mg
Bobal	420	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG
C.Sauvignon	218	SIG	NO SIG	SIG	SIG	SIG
Merlot	258	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG
Tempranillo	311	NO SIG	SIG	SIG	SIG	SIG

El análisis de varianzas muestra que existen diferencias significativas para casi todos los elementos, por lo que se puede afirmar que, para una misma variedad, cada patrón se constituye como una población estadísticamente diferenciada.

Mediante la prueba de rangos múltiples, se pueden determinar los nutrientes que se distribuyen de forma diferenciada entre cada par de patrones. En los cuadros siguientes se muestran, para cada variedad, los nutrientes de comportamiento diferenciado entre cada par de patrones.

Tabla 5.4. Se muestran aquellos nutrientes respecto a los cuales cada pareja de patrones difiere.

		110-R	161-49C	41-B
Bobal	110-R			<i>NPK</i>
	161-49C			<i>NPK Ca Mg</i>
	41-B			<i>NPK Ca Mg</i>
		110-R	161-49C	SO4
Sauvignon	110-R C			<i>NK Ca Mg</i>
	161-49C			<i>NKMg</i>
	SO4			<i>K Ca Mg</i>
		110-R	SO4	
Merlot	110-R			<i>NPK Ca Mg</i>
	SO4			
		110-R	41-B	
Syrah	110-R			<i>NPK Ca Mg</i>
	41-B			

Se observa que la variabilidad entre patrones, dentro de una misma variedad, se hace patente en prácticamente todos los nutrientes. Se puede afirmar, por tanto, que para una misma variedad, el patrón es un factor estadísticamente diferenciador en lo relativo a los niveles nutricionales de la vid.

El análisis realizado hasta ahora permite determinar los patrones estadísticos por los que se rige la base de datos. Habiendo quedado probada la independencia estadística de los valores nutricionales respecto a la variedad, el patrón y la combinación de variedad y patrón, el estudio nutricional de la vid debe afrontarse, en adelante, considerando como poblaciones independientes cada una de las 10 combinaciones de variedad y patrón consideradas.

Las siguientes páginas se organizan a modo de fichas para cada variedad/patrón. En primer lugar se representan gráficamente los valores de los cinco nutrientes a lo largo del periodo analizado. Se observa que, para la mayoría de los casos, la evolución a lo largo del tiempo del N, P y K es descendente, siendo los valores correspondientes a la floración, superiores a los obtenidos en la madurez. Lo contrario ocurre con lo Ca y Mg, que siguen una evolución ascendente. Esto hecho, como se comprobará después, es fundamental para la obtención de las distintas relaciones de la normativa DRIS.

A continuación procedemos a ver cuál es la época de muestreo adecuada para cada variedad, para lo que se realiza un análisis de la varianza de cada uno de los nutrientes estudiados, con relación a la fecha de muestreo. Así cuando dos o más fechas consecutivas no presentan, un nutriente determinado, diferencia significativa, quiere decir que en ese momento está estable. Hay que buscar pues el momento en el que todos los nutrientes o al menos la mayoría presenten esta condición y esa será la fecha adecuada para la realización de la toma de muestras con el fin de obtener la tabla interpretativa de un análisis foliar normal, es decir por rangos de

suficiencia (RS) o de normalidad (RN).

A continuación se representan los resultados de la prueba de rangos múltiples de cada elemento respecto a las fechas normalizadas. Mediante lo representado en los gráficos, y los resultados de la prueba de rangos múltiples, se propone el periodo no significativo, es decir, la fecha adecuada para la toma de muestras. Se observa que el periodo considerado en cada variedad/patrón coincide con el estado fenológico del envero.

Con los datos correspondientes a este periodo de estabilidad se conforma una tabla con los estadísticos más relevantes, a partir de la cual se calculan. Una vez determinados las fechas de muestreo a cada variedad y con los datos que tenemos se confeccionan las tablas interpretativas, pero que se referirá única y exclusivamente para muestras obtenidas en esa época.

Para ello se parte de los valores medios y de su desviación estándar, utilizando la siguiente fórmula:

$$N = \text{Media} \pm 3/3 * \text{Desviación Típica}$$

No se aplica el valor 4/3 por aplicarse a valores muy homogéneos, con un coeficiente variación bajo. Como se ha realizado el estudio en una mayor extensión o bien fueran valores muy heterogéneos, el valor de la desviación estándar habría sido 3/3, es decir más menos una vez. De esta forma obtenemos las siguientes tablas de Rangos de Normalidad para la interpretación para cada variedad.

Las referencias de rangos de suficiencia (RS) o de normalidad (RN) son los valores medios o valores de centros que representan el conjunto de datos en su conjunto. Las concentraciones por debajo o por encima del valor medio o valor de referencia, para cada

nutriente, producen interpretaciones, bajos o altos, respectivamente, y, por tanto, deberían considerarse, un plan de fertilización correctivo o una reducción de los nutrientes en los planes de fertilización. Las referencias serán menos fiables cuando las condiciones regionales de la viña estudiadas son diferentes a las zonas, en las que se obtuvieron originalmente referencias (Failla et al., 1995; Robinson, 2005) o si se emplean las referencias para el diagnóstico nutricional de otras variedades.

De manera general, estas comparaciones nos establecen la importancia del establecimiento de referencias para cada variedad, en combinación con el portainjerto. Por otra parte, la influencia de las condiciones locales, tales como los diferentes suelos, clima y manejo del viñedo también deben tenerse en cuenta.

Estos resultados se contradicen en las especificaciones de la Producción Integrada (PI) de la Comunidad Valenciana (Tabla 2.3), en la PI de la Región de Murcia (Tabla 2.4), en la PI de Cataluña (Tabla 2.5) y por la PI de Galicia (Tabla 2.6). En dichas normas técnicas no existe diferenciación por variedades, ni por patrón ni por combinación variedad/patrón.

Resaltaremos de estos resultados que se ven claras diferencias en los valores que vamos a considerar como normales. Ello no hace más que incidir en la importancia que tiene la obtención de tablas adecuadas a cada variedad y sistema de cultivo para hacer una buena interpretación. Es la única forma que tenemos de obtener una buena información, discriminante, de los análisis foliares.

BOBAL 110-R

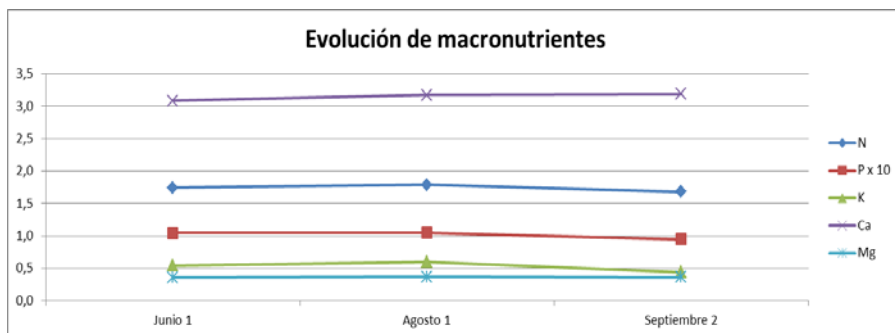


Tabla 5.5 RESUMEN ESTADISTICO BASICO BOBAL 110-R

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. Estándar	CV
N	215	1,250	2,180	0,930	1,770	1,736	0,168	9,675
P	215	0,070	0,140	0,070	0,100	0,101	0,013	12,679
K	215	0,200	0,950	0,750	0,520	0,522	0,147	28,123
Ca	215	2,480	3,930	1,450	3,160	3,169	0,254	8,024
Mg	215	0,260	0,480	0,220	0,360	0,364	0,047	12,928

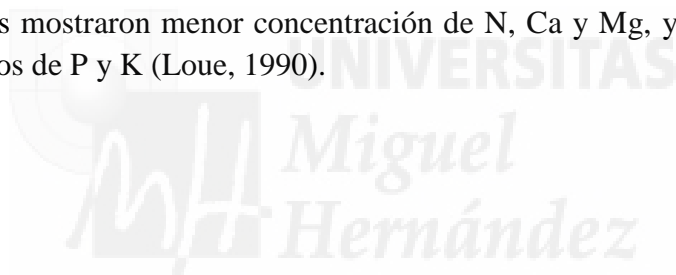
Tabla 5.6 Rangos de Normalidad para Bobal/110R

	Media	D. Estándar	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
N	1,736	0,168	<1,400	1,568-1,736	1,736-1,904	1,904-2,072	>2,072
P	0,101	0,013	<0,075	0,088-0,101	0,101-0,113	0,113-0,126	>0,126
K	0,522	0,147	<0,228	0,375-0,522	0,522-0,669	0,669-0,815	>0,815
Ca	3,169	0,254	<2,660	2,914-3,169	3,169-3,423	3,423-3,677	>3,677
Mg	0,364	0,047	0,270	0,317-0,364	0,364-0,411	0,411-0,458	>0,458

Las normas para la variedad Bobal, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), dan valores más bajos para todos los nutrientes en la combinación Bobal/110R.

En cambio, estos, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).



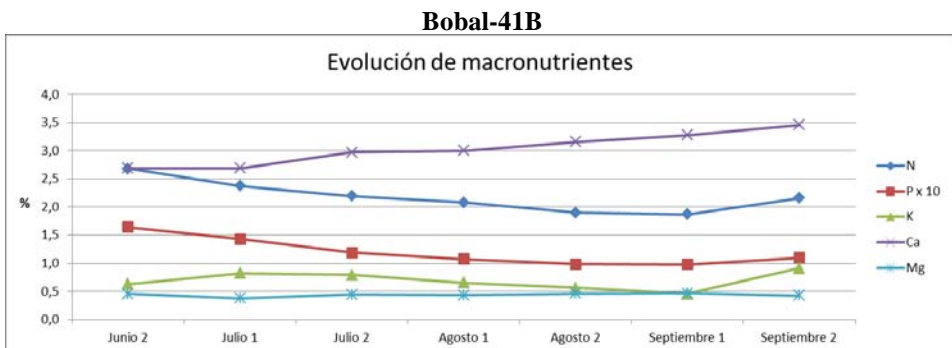


Figura 5.1 Evolución Macronutrientes BOBAL 41- B

Tabla 5.7 Análisis de la varianza de la variedad BOBAL 41- B, para cada nutriente

	Nitrógeno			Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio
Junio 2	X			X		X	X	X	X	
Julio 1		X		X		X		X		X
Julio 2			X		X	X			X	X
Agosto 1		X		X	X	X	X		X	X
Agosto 2			X	X	X	X	X	X	X	X
Septiembre 1				X	X		X		X	X
Septiembre 2	X	X	X	X	X	X			X	X

Periodo de muestreo: Desde el 15 de Julio al 15 de Agosto

Lo que quiere decir, que tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Bobal/41-B es *la segunda quincena de julio y la primera de agosto*.

Tabla 5.8 RESUMEN ESTADISTICO BASICO BOBAL 41- B

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	27	1,800	2,600	0,800	2,160	2,139	0,191	8,944
P	27	0,070	0,150	0,080	0,110	0,114	0,019	16,390
K	27	0,430	1,130	0,700	0,690	0,726	0,201	27,704
Ca	27	2,630	3,430	0,800	2,970	2,985	0,243	8,141
Mg	27	0,300	0,530	0,230	0,450	0,439	0,053	12,194

Tabla 5.9 RANGOS DE NORMALIDAD Bobal/41B

	Media	D. estándar	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
N	2,139	0,191	<1,757	1,948-2,139	2,139-2,331	2,331-2,522	>2,522
P	0,114	0,019	<0,076	0,095-0,114	0,114-0,132	0,132-0,151	>0,151
K	0,726	0,201	<0,324	0,525-0,726	0,726-0,928	0,928-1,129	>1,129
Ca	2,985	0,243	<2,499	2,742-2,985	2,985-3,228	3,228-3,471	>3,471
Mg	0,439	0,053	<0,332	0,385-0,439	0,439-0,492	0,492-0,545	>0,545

Las normas para la variedad Bobal, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), presentan los valores mas bajos para todos los nutrientes, en la combinación Bobal/41B.

En cambio, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

BOBAL 161-49C

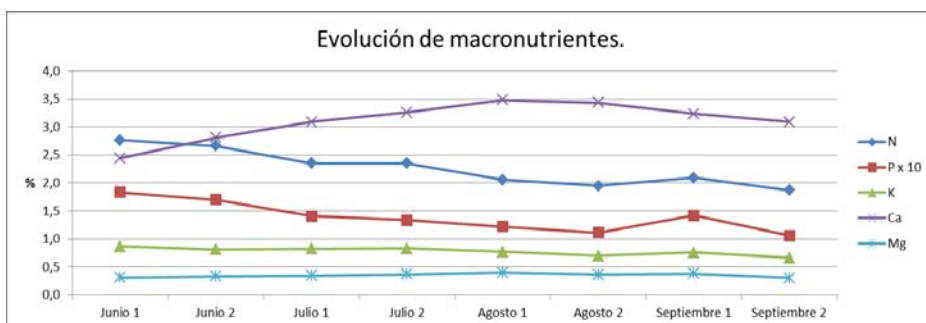


Figura 5.2 Evolución Macronutrientes BOBAL 161-B

Tabla 5.10 Análisis de la Varianza de la variedad BOBAL 161-B, para cada Nutriente

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X X	X	X
Junio 2	X	X X	X X X X	X X	X X
Julio 1	X	X	X X X X	X X	X X X
Julio 2	X	X X	X X	X X	X X X
Agosto 1	X X	X X	X X X X		X X
Agosto 2	X X X	X X	X X X X	X X	X X X
Septiembre 1	X	X	X X	X X X	X X
Septiembre 2		X	X X	X X X	X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Bobal/161-49C es entre la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.11 RESUMEN ESTADISTICO BOBAL 161-B

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	50	1,950	2,890	0,940	2,355	2,351	0,239	10,176
P	50	0,100	0,180	0,080	0,140	0,136	0,018	13,258
K	50	0,470	1,370	0,900	0,810	0,827	0,201	24,236
Ca	50	2,190	4,570	2,380	3,155	3,197	0,584	18,271
Mg	50	0,240	0,640	0,400	0,355	0,360	0,094	26,190

Tabla 5.12 RANGOS DE NORMALIDAD BOBAL 161-B

	Media	D. estándar	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
N	2,351	0,239	<1,873	2,112-2,351	2,351-2,590	2,590-2,830	>2,830
P	0,136	0,018	<0,100	0,118-0,136	0,136-0,154	0,154-0,172	>0,172
K	0,827	0,201	<0,426	0,627-0,827	0,827-1,028	1,028-1,228	>1,228
Ca	3,197	0,584	<2,029	2,613-3,197	3,197-3,781	3,781-4,365	>4,365
Mg	0,360	0,094	<0,171	0,266-0,360	0,360-0,454	0,454-0,548	>0,548

En base a las normas para la variedad Bobal, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), los valores son menores para todos los nutrientes, en la combinación Bobal/161B, excepto en Calcio, que es mayor, frente a la norma de la Generalitat de Cataluña.

En cambio, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

CABERNET SAUVIGNON 110-R

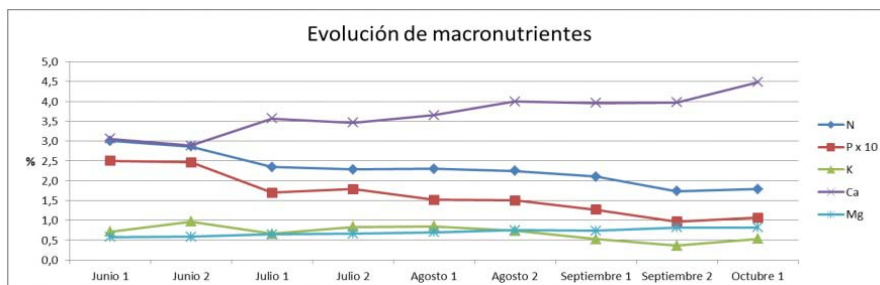


Figura 5.3 Evolución Macronutrientes CABERNET SAUVIGNON 110-R

Tabla 5.13 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIEDAD CABERNET SAUVIGNON 110-R, PARA CADA NUTRIENTE

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X X X	X	X
Junio 2	X	X	X X	X	X X
Julio 1	X X	X X	X X X	X	X X
Julio 2	X X	X	X X	X	X X
Agosto 1	X X	X X	X X X	X X	X
Agosto 2	X X	X X	X X X	X X	X X
Septiembre 1	X	X X	X X	X X	X
Septiembre 2	X	X	X	X	X
Octubre 1	X	X X	X X X	X	X X

Periodo de muestreo: Desde el 15 de Julio al 31 de Agosto

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Cabernet Sauvignon/110R es entre la segunda quincena de julio y la segunda quincena de agosto.

Tabla 5.14 RESUMEN ESTADISTICO CABERNET SAUVIGNON 110-R

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	32	1,920	2,810	0,890	2,250	2,276	0,211	9,276
P	32	0,120	0,210	0,090	0,160	0,163	0,028	16,892
K	32	0,460	1,220	0,760	0,905	0,800	0,254	31,792
Ca	32	2,930	4,680	1,750	3,640	3,700	0,491	13,259
Mg	32	0,500	0,970	0,470	0,710	0,701	0,100	14,300

Tabla 5.15 RANGOS DE NORMALIDAD CABERNET SAUVIGNON 110-R

	Media	D. estándar	MB	B	N	A	MA
N	2,276	0,211	<1,853	2,065-2,276	2,276-2,487	2,487-2,698	>2,698
P	0,163	0,028	<0,108	0,135-0,163	0,163-0,190	0,190-0,218	>0,218
K	0,800	0,254	<0,291	0,546-0,800	0,800-1,055	1,055-1,309	>1,309
Ca	3,700	0,491	<2,719	3,209-3,700	3,700-4,191	4,191-4,681	>4,681
Mg	0,701	0,100	<0,500	0,601-0,701	0,701-0,801	0,801-0,901	>0,901

Las normas para la variedad Cabernet Sauvignon, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), los valores son menores para todos los nutrientes, en la combinación Cabernet Sauvignon/110R, excepto en el elemento Calcio, que es mayor frente a la norma de la Generalitat de Cataluña.

En cambio, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

CABERNET SAUVIGNON 161-49C

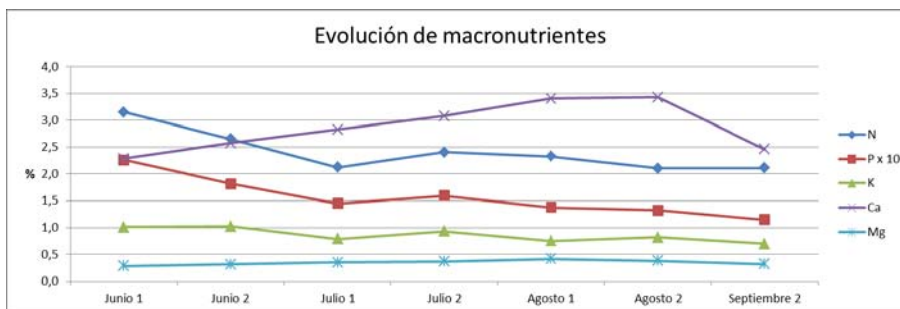


Figura 5.4 Evolución Macronutrientes CABERNET SAUVIGNON 161-49C

Tabla 5.16 Análisis de la Varianza de la variedad CABERNET SAUVIGNON 161-B, para cada Nutriente

	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X X	X	X
Junio 2	X	X	X X	X X	X X
Julio 1	X	X X	X X	X X	X X
Julio 2	X	X X	X X	X	X
Agosto 1	X X	X X	X	X	X
Agosto 2	X	X X	X X	X	X X
Septiembre 2	X X	X	X	X X	X X X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Cabernet Sauvignon es la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.17 RESUMEN ESTADISTICO CABERNET SAUVIGNON 161-49C

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	22	1,870	2,950	1,080	2,270	2,298	0,243	10,563
P	22	0,110	0,230	0,120	0,155	0,154	0,032	20,831
K	22	0,560	1,380	0,820	0,830	0,875	0,247	28,266
Ca	22	2,260	3,850	1,590	2,930	2,997	0,378	12,606
Mg	22	0,280	0,490	0,210	0,350	0,362	0,049	13,557

Tabla 5.18 RANGOS DE NORMALIDAD CABERNET SAUVIGNON 161-49C

	Media	D. estándar	MB	B	N	A	MA
N	2,298	0,243	<1,812	2,055-2,298	2,298-2,540	2,540-2,783	>2,783
P	0,154	0,032	<0,090	0,122-0,154	0,154-0,186	0,186-0,218	>0,218
K	0,875	0,247	<0,381	0,628-0,875	0,875-1,123	1,123-1,370	>1,370
Ca	2,997	0,378	<2,241	2,619-2,997	2,997-3,375	3,375-3,752	>3,752
Mg	0,362	0,049	<0,264	0,313-0,362	0,362-0,411	0,411-0,460	>0,460

Las normas para la variedad Cabernet Sauvignon, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), los valores son menores para todos los nutrientes, en la combinación Cabernet Sauvignon/161-49C.

En cambio, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

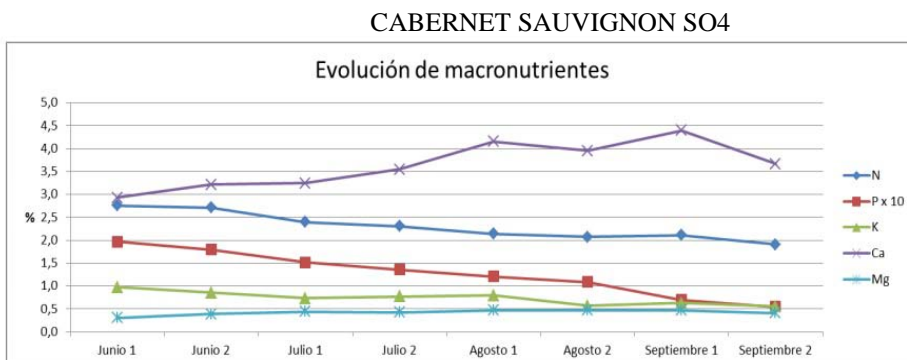


Figura 5.5 Evolución Macronutrientes CABERNET SAUVIGNON SO4

Tabla 5.19 Análisis de la Varianza de la variedad CABERNET SAUVIGNON SO4, para cada Nutriente

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X	X	X
Junio 2	X	X	X X	X X	X X
Julio 1	X	X	X X X	X X	X X
Julio 2	X X	X X	X X	X X	X X
Agosto 1	X X	X X	X X	X	X
Agosto 2	X	X	X X	X X	X
Septiembre 1	X X X		X X X	X X	X X
Septiembre 2	X		X X	X X X X	X X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Cabernet Sauvignon/SO4 es la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.20 RESUMEN ESTADISTICO CABERNET SAUVIGNON SO4

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	20	2,200	2,530	0,330	2,315	2,335	0,095	4,047
P	20	0,110	0,210	0,100	0,140	0,141	0,022	15,572
K	20	0,510	1,080	0,570	0,745	0,763	0,155	20,273
Ca	20	2,330	4,300	1,970	3,555	3,460	0,480	13,878
Mg	20	0,260	0,730	0,470	0,360	0,434	0,145	33,460

Tabla 5.21 RANGOS DE NORMALIDAD CABERNET SAUVIGNON SO4

	Media	D. estándar	MB	B	N	A	MA
N	2,335	0,095	<2,146	2,240-2,335	2,335-2,430	2,430-2,524	>2,524
P	0,141	0,022	<0,097	0,119-0,141	0,141-0,162	0,162-0,184	>0,184
K	0,763	0,155	<0,454	0,608-0,763	0,763-0,918	0,918-1,072	>1,072
Ca	3,460	0,480	<2,500	2,980-3,460	3,460-3,940	3,940-4,420	>4,420
Mg	0,434	0,145	<0,144	0,289-0,434	0,434-0,579	0,579-0,724	>0,724

Las normas para la variedad Cabernet Sauvignon, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), los valores son menores para todos los nutrientes, en la combinación Cabernet Sauvignon/SO4, excepto en el elemento Calcio, que es mayor frente a la norma de la Generalitat de Cataluña.

Estos, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue ,1990).



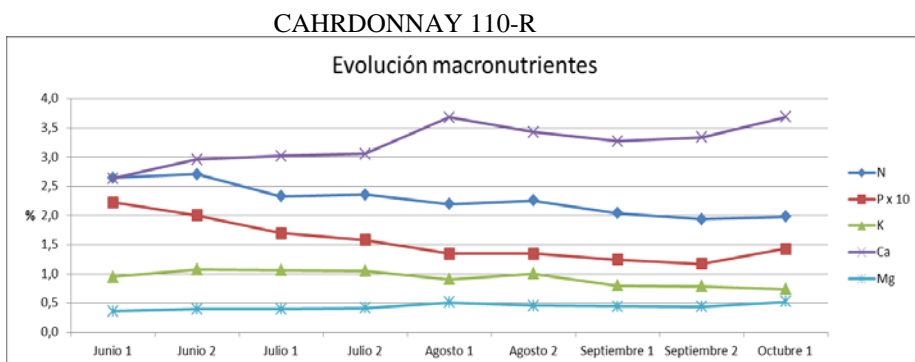


Figura 5.6 Evolución Macronutrientes CHARDONNAY 110-R

Tabla 5.22 Análisis de la Varianza de la variedad CHARDONNAY 110-R, para cada Nutriente

	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	Calcio			Magnesio	
Junio 1	X		X		X	X			X	
Junio 2	X		X		X	X	X		X	X
Julio 1		X		X	X	X	X	X	X	X
Julio 2		X		X	X	X	X	X	X	X
Agosto 1		X	X		X			X		X
Agosto 2		X		X	X		X	X		X
Septiembre 1		X	X		X	X	X	X	X	X
Septiembre 2			X		X		X	X	X	X
Octubre 1			X	X	X			X		X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Chardonnay/110R es la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.23 RESUMEN ESTADISTICO CHARDONNAY 110-R

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. están	CV
N	35	2,050	2,860	0,810	2,330	2,345	0,183	7,796
P	35	0,120	0,230	0,110	0,160	0,163	0,024	14,643
K	35	0,450	2,120	1,670	1,120	1,059	0,450	42,526
Ca	35	2,020	3,950	1,930	2,980	3,041	0,427	14,053
Mg	35	0,250	0,730	0,480	0,400	0,409	0,093	22,692

Tabla 5.24 RANGOS DE NORMALIDAD CHARDONNAY 110-R

	Media	D. estándar	MB	B	N	A	MA
N	2,345	0,183	<1,980	2,163-2,345	2,345-2,528	2,528-2,711	>2,711
P	0,163	0,024	<0,115	0,139-0,163	0,163-0,186	0,186-0,210	>0,210
K	1,059	0,450	<0,158	0,608-1,059	1,059-1,509	1,509-1,959	>1,959
Ca	3,041	0,427	<2,186	2,613-3,041	3,041-3,468	3,468-3,895	>3,895
Mg	0,409	0,093	<0,223	0,316-0,409	0,409-0,502	0,502-0,595	>0,595

Las normas para la variedad Chardonnay, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), los valores son más bajos para todos los nutrientes, en la combinación Chardonnay/110R, excepto en el elemento Potasio.

En cambio, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

MERLOT 110-R

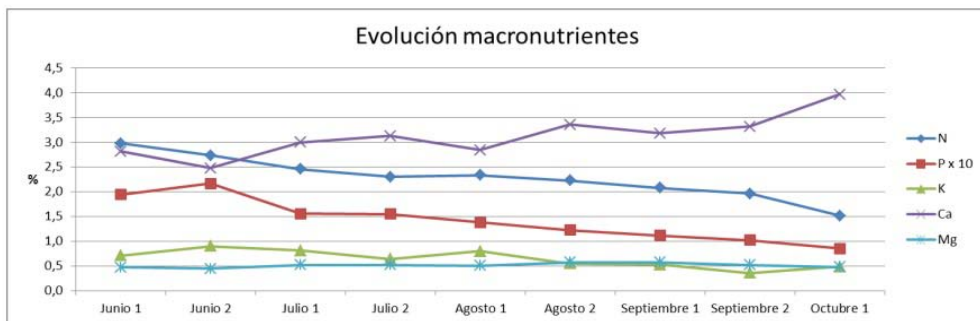


Figura 5.7 Evolución Macronutrientes MERLOT 110-R

Tabla 5.25 Análisis de la Varianza de la variedad MERLOT 110-R, para cada Nutriente

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X	X X	X X
Junio 2	X	X	X	XX X	X
Julio 1	X	X X	X	X	X X
Julio 2	X	X	X	X X	X X
Agosto 1	X X	X X	X	X X	X X
Agosto 2	X	X X	X	X	X
Septiembre 1	X	X X	X X	X	X X
Septiembre 2	X	X	X X	X	X
Octubre 1	X	X X	X	X X	X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Merlot/110R es la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.26 Resumen Estadístico Merlot 110 R

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	28	2,000	2,810	0,810	2,435	2,400	0,195	0,081
P	28	0,120	0,190	0,070	0,150	0,155	0,019	0,124
K	28	0,480	1,480	1,000	0,625	0,751	0,307	0,409
Ca	28	1,990	4,250	2,260	2,940	3,044	0,570	0,187
Mg	28	0,260	0,840	0,580	0,475	0,521	0,170	0,327

Tabla 5.27 Rangos De Normalidad Merlot 110-R

	Media	D. estándar	MB	B	N	A	MA
N	2,400	0,195	<2,010	2,205-2,400	2,400-2,596	2,596-2,791	>2,791
P	0,155	0,019	<0,117	0,136-0,155	0,155-0,175	0,175-0,194	>0,194
K	0,751	0,307	<0,137	0,444-0,751	0,751-1,059	1,059-1,366	>1,366
Ca	3,044	0,570	<1,903	2,473-3,044	3,044-3,614	3,614-4,184	>4,184
Mg	0,521	0,170	<0,180	0,351-0,521	0,521-0,691	0,691-0,862	>0,862

Las normas para la variedad Merlot, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), los valores son más bajos para todos los nutrientes, en la combinación Merlot/110R.

En cambio, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

MERLOT SO4

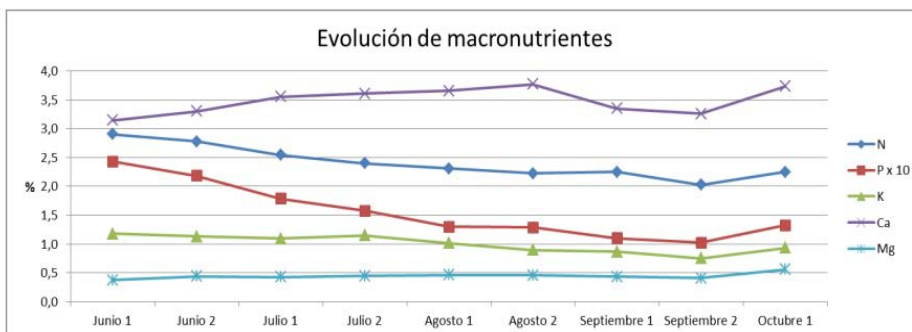


Figura 5.8 Evolución Macronutrientes MERLOT SO4

Tabla 5.28 Análisis de la Varianza de la variedad MERLOT SO4, para cada Nutriente

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X X	X	X
Junio 2	X	X	X X	X X	X X
Julio 1	X X	X	X X X	X X X X	X X
Julio 2	X X	X X	X X	X X	X X
Agosto 1	X X	X	X X X X	X X	X X
Agosto 2	X X	X	X X	X	X X
Septiembre 1	X X X	X	X X X	X X X X	X X
Septiembre 2	X	X	X	X X X	X X
Octubre 1	X X X	X X	X X X X	X X X	X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Merlot/SO4 es la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.29 RESUMEN ESTADISTICO MERLOT SO4

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	36	2,030	2,820	0,790	2,415	2,449	0,187	7,649
P	36	0,120	0,260	0,140	0,160	0,165	0,036	21,670
K	36	0,650	1,600	0,950	1,195	1,129	0,296	26,237
Ca	36	2,750	4,670	1,920	3,575	3,588	0,378	10,522
Mg	36	0,340	0,640	0,300	0,435	0,440	0,067	15,222

Tabla 5.30 RANGOS DE NORMALIDAD MERLOT SO4

	Media	D. estándar	MB	B	N	A	MA
N	2,449	0,187	<2,074	2,262-2,449	2,449-2,636	2,636-2,824	>2,824
P	0,165	0,036	<0,094	0,129-0,165	0,165-0,201	0,201-0,237	>0,237
K	1,129	0,296	<0,537	0,833-1,129	1,129-1,425	1,425-1,722	>1,722
Ca	3,588	0,378	<2,833	3,211-3,588	3,588-3,966	3,966-4,343	>4,343
Mg	0,440	0,067	<0,306	0,373-0,440	0,440-0,507	0,507-0,574	>0,574

Las normas para la variedad Merlot, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), los valores, son menores para todos los nutrientes, en la combinación Merlot/SO4R, excepto en Potasio, que es mayor.

En cambio, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

TEMPRANILLO 110-R

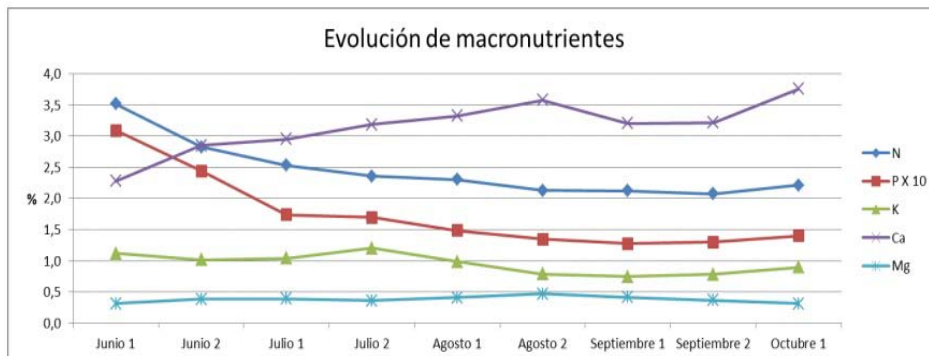


Figura 5.9 Evolución Macronutrientes TEMPRANILLO 110-R

Tabla 5.31 Análisis de la Varianza de la variedad TEMPRANILLO 110-R, para cada Nutriente

	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X X	X	X
Junio 2	X	X	X X X	X	X X
Julio 1	X	X	X X X	X X	X X
Julio 2	X X	X	X	X X	X
Agosto 1	X X	X	X X	X	X X
Agosto 2	X	X	X	X	X
Septiembre 1	X	X	X	X X	X X
Septiembre 2	X X	X	X X	X X X X	X X
Octubre 1	X X X	X X	X X X	X X	X X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Tempranillo/110R es la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.32 RESUMEN ESTADISTICO TEMPRANILLO 110-R

	Recuento	Mínimo	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	27	1,920	2,930	1,010	2,450	2,440	0,276	11,330
P	27	0,140	0,220	0,080	0,170	0,171	0,021	12,286
K	27	0,430	1,540	1,110	1,140	1,124	0,241	21,448
Ca	27	2,100	3,680	1,580	3,080	3,075	0,376	12,213
Mg	27	0,260	0,860	0,600	0,330	0,377	0,135	35,674

Tabla 5.33 RANGOS DE NORMALIDAD TEMPRANILLO 110-R

	Media	D. estándar	MB	B	N	A	MA
N	2,440	0,276	<1,887	2,164-2,440	2,440-2,716	2,716-2,993	>2,993
P	0,171	0,021	<0,129	0,150-0,171	0,171-0,193	0,193-0,214	<0,214
K	1,124	0,241	<0,642	0,883-1,124	1,124-1,365	1,365-1,606	>1,606
Ca	3,075	0,376	<2,324	2,699-3,075	3,075-3,450	3,450-3,826	>3,826
Mg	0,377	0,135	<0,108	0,243-0,377	0,377-0,512	0,512-0,646	>0,646

Las normas para la variedad “Tempranillo”, comparadas con las establecidas por (García-Escudero et al., 2013), son mayores que los establecidos, para la combinación Tempranillo/110R.

Las normas obtenidas para la combinación Tempranillo/110R, son valores similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas para la variedad Tempranillo, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), son menores los valores para todos los nutrientes, en la combinación Tempranillo/110R, excepto en Potasio, que es mayor, frente a la norma de la Generalitat Valenciana.

Estos, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).



TEMPRANILLO 161-49C

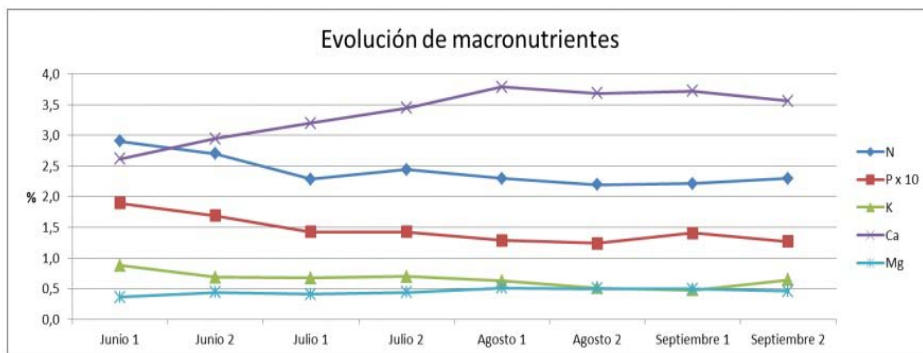


Figura 5.10 Evolución Macronutrientes TEMPRANILLO 161-49C

Tabla 5.34 Análisis de la Varianza de la variedad TEMPRANILLO 161-49C, para cada Nutriente

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Junio 1	X	X	X	X	X
Junio 2	X	X	X	X	X X
Julio 1	X	X X	X	X	X X
Julio 2	X	X	X	X	X X
Agosto 1	X	X X	X	X	X
Agosto 2	X	X	X	X	X
Septiembre 1	X	X X X	X	X X	X X
Septiembre 2	X X	X X X	X	X X	X X X

Periodo de muestreo: Desde el 1 de Julio al 31 de Julio

Lo que quiere decir, tomando las fechas más restrictivas de antes y de después, que la época de muestreo en nuestra zona y para la variedad Tempranillo/161-49C es la primera y segunda quincena de julio.

Tabla 5.35 RESUMEN ESTADISTICO TEMPRANILLO 161-49C

	Recuento	Mínim	Máximo	Rango	Mediana	Media	D. estándar	CV
N	75	1,820	3,130	1,310	2,340	2,385	0,283	11,870
P	75	0,100	0,230	0,130	0,140	0,142	0,024	17,040
K	75	0,350	1,110	0,760	0,670	0,689	0,183	26,517
Ca	75	2,250	4,530	2,280	3,410	3,362	0,479	14,233
Mg	75	0,220	0,670	0,450	0,430	0,428	0,095	22,217

Tabla 5.36 RANGOS DE NORMALIDAD TEMPRANILLO 161-49C

	Media	D.	MB	B	N	A	MA
N	2,385	0,283	<1,819	2,102-2,385	2,385-2,668	2,668-2,951	>2,951
P	0,142	0,024	<0,094	0,118-0,142	0,142-0,167	0,167-0,191	>0,191
K	0,689	0,183	<0,324	0,507-0,689	0,689-0,872	0,872-1,055	>1,055
Ca	3,362	0,479	<2,405	2,883-3,362	3,362-3,841	3,841-4,319	>4,319
Mg	0,428	0,095	<0,238	0,333-0,428	0,428-0,523	0,523-0,618	>0,618

Las normas para la variedad “Tempranillo”, comparadas con las establecidas por (García-Escudero et al., 2013), son menores los valores para todos los nutrientes, en la combinación Tempranillo/161-49.

Las normas obtenidas para la combinación Tempranillo/161-49, son valores similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas para la variedad Merlot, comparadas con las establecidas por las normativas de Producción Integrada (PI), son menores los valores para todos los nutrientes, en la combinación Tempranillo/161-49.

Estos, son similares a los obtenidos en trabajos preliminares, en la comarca de Utiel-Requena por (Giner et al., 2004).

Las normas, establecidas para el limbo de la hoja en el envero mostraron valores más bajos de N, P, K, y sólo una concentración mayor en el caso de Ca en comparación con las referencias de Australia (Robinson, 2005). Sin embargo, las referencias de Burdeos mostraron menor concentración de N, Ca y Mg, y valores más altos de P y K (Loue, 1990).

De manera general, estas comparaciones nos establecen la importancia del establecimiento de referencias para cada variedad, en combinación con el portainjerto. Por otra parte la influencia de las condiciones locales, tales como los diferentes suelos, clima y manejo del viñedo también debe tenerse en cuenta.

Resaltaremos de estos resultados que se ven claras diferencias en los valores que vamos a considerar como normales. Ello no hace más que incidir en la importancia que tiene la obtención de tablas adecuadas a cada variedad y sistema de cultivo para hacer una buena interpretación. Es la única forma que tenemos de obtener una buena información, discriminante, de los análisis foliares.

5.1 RESULTADOS NORMAS DRIS VIÑEDO

A continuación se determinan las normas DRIS, separadamente para cada una de las variedades a estudio, para los elementos N, P, K, Ca, Mg, así como también las normas por pares de elementos, en base a sus productos y/o cocientes, utilizando los datos de la población referidas a las parcelas estudiadas y que presentan las mejores aptitudes enológicas, basados en las recomendaciones de Beaufils, (1973); Sumner, (1982); y Walworth y Sumner, (1986; Giménez et al. (2006) quienes sugieren utilizar los cocientes, para los pares de elementos cuyos niveles de contenido en las hojas, tienen la misma tendencia de variación con la edad, y utilizar productos, para los pares de elementos, cuyos niveles de contenido tienen diferente tendencia de evolución en función de la edad. En tal sentido, para seleccionar los cocientes más apropiados, se estudió el CV de cada relación y su inversa, escogiéndose la que presentaba un valor menor, ya que ello es indicativo de una mayor influencia en la producción. Los resultados obtenidos se encuentran desarrollados en las tablas de este apartado.

Una vez seleccionadas las relaciones que se van a utilizar se complementan con la tabla que sigue y en la que vienen los productos de los elementos que tienen distinto comportamiento a lo largo del ciclo, y que ya se vio en los gráficos de evolución de los nutrientes.

Las normas que a continuación se generan se corresponden con las medias de una población de producción-aptitud enológica, de acuerdo a los criterios de Walworth et al. (1986) y de Walworth y Sumner, (1987). Como se puede observar se presentan, además, las normas con sus respectivas desviaciones estándar (D.ST.) y los coeficientes de variación (C.V.).

Según estos últimos autores, el coeficiente de variación de los parámetros obtenidos del análisis de una población de plantas, refleja la variación real de dichos valores. Por tal razón, la variación de los contenidos de los nutrientes está fielmente representada por el coeficiente de variación de cada elemento, obtenido en el presente trabajo.

La desviación estándar, según los mismos autores permite determinar el rango por encima y por debajo de la norma en el cual, se considera que el nutriente considerado, se encuentra en un balance correcto y por ende en un adecuado estado nutricional. Para ello se utiliza pues la Media \pm Desviación Estándar, elaborando así una tabla que denominamos Rangos de Normalidad, referidos a la norma DRIS.

Una vez establecida la norma para los elementos unitariamente, exponemos a continuación la norma que indica las relaciones dos a dos de cada uno de ellos, bien en forma de cociente o bien en forma de producto, de manera que estos serán los datos que usaremos para calcular el DRIS posteriormente para una muestra dada, según se verá a continuación.

Para el cálculo de las funciones de las relaciones de los nutrientes, se ha expuesto la forma de cálculo primitiva de Beaufils, (1973). Existen modificaciones de la función original que no se deben pasar por alto, Elwali y Gascho, (1984); Jones (1981), que le dan mayor comodidad y fiabilidad en el cálculo. En estudios de comparación de estas funciones por Luiz de Queiroz, (2000), defiende la fórmula de Jones, como la que proporciona los resultados más fiables

Los valores aquí presentados son el resultado de un proceso de estudio de una población del cultivo de uva de vinificación para las distintas variedades estudiadas, y son evaluados utilizando los criterios de una investigación de campo, en la cual, todas las

variables que inciden sobre crecimiento y la producción del cultivo, menos dos o tres, son homogéneas y están uniformemente prefijadas. Por tanto, los valores de la DST y el CV no pueden considerarse ni altos ni bajos, sino reales, debido a que ellos son el producto de trabajar abiertamente con la población de un cultivo de campo sobre el cual, todas las variables que inciden sobre la producción no están totalmente controladas por el hombre y por lo tanto, están efectivamente actuando.

Por las razones analizadas, en estas normas se está reflejando la variación real de esos parámetros en la población. Esta situación las convierte en generales, al menos para la zona en que se han desarrollado los estudios, sin la dependencia espacial y temporal de la mayoría de la experimentación de campo controlada, sino más bien, con las ventajas que tendría un gigantesco experimento multifactorial, que estuviese replicado en el tiempo y en el espacio, abarcando a la población total de un cultivo.

Con las normas resultantes, se calcularon el Índice DRIS y el índice de balance de nutrientes (IBN) utilizando una metodología desarrollada por Beaufils, (1973) y también Y Dechenhohle reportados por Battaglia, (1986).

En la ecuación de cálculo de los índices de diagnóstico del sistema DRIS (IN-DRIS), la desviación de la expresión cada nutriente con respecto al valor óptimo de la respectiva norma, es sopesada y balanceada por el inverso del coeficiente de variación correspondiente. Debido a las razones recién expuestas, para Sumner, (1977) y Walworth y Sumner (1987), las expresiones desarrolladas de los valores de las plantas con elevados rendimientos, tienen una gran validez. Las normas desarrolladas de datos provenientes de una amplia gama de condiciones, serían válidamente aplicables a esas condiciones específicas, si la variación normal de los parámetros, está realmente representada en el banco de datos del cual fueron extraídos.

El índice del nutriente, es el valor promedio de todas las comparaciones de los nutrientes y de sus interacciones contra los valores normales o normas de los nutrientes. Los IN-DRIS serán negativos, positivos o cero de acuerdo a la magnitud de las desviaciones del óptimo balance, de esta manera, pueden ser interpretadas fácilmente las relaciones de balance entre todos los nutrientes (Beaufil, 1973; Rodríguez y Rodríguez, 1997, 1998a; Rodríguez et al., 1998; Sumner, 1975, 1979; Wallworth y Sumner, 1987, 1988).

De forma general en el DRIS, valores unitarios, es decir de cada elemento, pueden estar entre $- 15$ y $+ 15$ en cuyo caso se consideran rango normal. Si se sale de estos valores ya se entiende que hay carencia o exceso. No obstante, hay que validar los resultados para cada caso en particular.

La segunda fase en el diagnóstico en el sistema DRIS, envuelve la determinación de los índices de balance de los nutrientes (IBN-DRIS), este es el sumatorio absoluto de los valores de los índices, y genera otro índice denominado Índice del Balance Nutricional (IBN) (Rodríguez y Rodríguez, 2000; Mourao, 2004; Giménez et al., 2006).

El IBN-DRIS, determina la magnitud del balance (o desbalance) nutricional de un cultivo con respecto al valor óptimo de un nutriente en el cultivo. Por lo tanto, mientras mayor sea el desbalance nutricional en la muestra de tejido, mayores serán los valores de los IBN-DRIS y viceversa; y mientras menor sea el desbalance del nutriente con respecto al valor óptimo, ese valor tenderá a cero. Ha sido reportado que altos valores de IBN-DRIS están relacionados con bajos rendimientos y poca aptitud enológica y a su vez los cultivos con altos rendimientos y buena aptitud, tienen bajos valores de IBN-DRIS.

Vamos a calcular las normas DRIS, MDRIS y CND de las siguientes combinaciones, según se expresan en la Tabla 5.37

Tabla 5.37 Combinaciones variedad patrón estudiadas bajo normas DRIS

Patrón	Variiedad	Número de muestras
110-R		682
	Bobal	215
	C SAUVIGNON	104
	CHARDONAY	110
	MERLOT	154
	TEMPRANILLO	99
161-49C		404
	Bobal	138
	C SAUVIGNON	54
	TEMPRANILLO	212
41-B		67
	Bobal	67
SO4		164
	C SAUVIGNON	60
	MERLOT	104
Total general		1317

A continuación se presentan las interpretaciones DRIS de todas las combinaciones variedad/patrón, para una muestra foliar. En esta época con las tablas de *rangos de normalidad* no se podrían interpretar, o en todo caso la interpretación sería incorrecta. Sin embargo, mediante este sistema sí se puede hacer un diagnóstico, y por tanto obrar en consecuencia, estando aún en época temprana para que las acciones que se tomen sean efectivas durante la presente campaña. Esta es una de las grandes ventajas del DRIS.

Utilizando las tablas convencionales, y más aún las muestras que se toman en el envero, el resultado obtenido es algo así como *post mortem*, ya que nos van a servir para actuar sólo en el cultivo del año siguiente.

En cuanto al Índice de Balance de Nutrientes (IBN) hasta un valor de 30 puede considerarse excelente y presupone una buena cosecha. Si se llega a un valor de 50 puede considerarse de forma genérica como bueno. No obstante, dependiendo de cada cultivo y variedad, así como el número de nutrientes que formen parte del DRIS tendremos interpretaciones particulares que son en definitiva las que más nos pueden perfeccionar el diagnóstico discriminando qué o cuáles nutrientes presentan alguna anomalía en la nutrición.

5.1.1 Ejemplos de cálculo e interpretación del método DRIS para la variedad Bobal en función de los distintos patrones.

EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN DRIS BOBAL/110R

Tabla 5.38: Valores del análisis a interpretar en Bobal/110R

Nitrógeno (N)	1,84
Fosforo (P)	0,1
Potasio (K)	0,52
Calcio (Ca)	3,17
Magnesio (Mg)	0,42

Tabla 5.39 Valores de las relaciones de la parcela del análisis a interpretar en Bobal/110R

N/P	17,4050
K/N	0,3014
N*Ca	5,4954
Mg/N	0,2115
K/P	5,1882
P*Ca	0,3184
P*Mg	0,0366
K*Ca	1,6452
K*Mg	0,1884
Mg/Ca	0,1150

Tabla 5.40 Cálculo de las funciones de los macroelementos en Bobal/110R

PASO 2	PASO 3	PASO 4
$F(N) = \frac{(N \text{ parcela} - 1,736) \times 10}{0,1680}$	$f(N) = \frac{(1,84 - 1,736) \times 10}{0,1680}$	$f(N) = 6,1803$
$F(P) = \frac{(P \text{ parcela} - 0,1) \times 10}{0,0128}$	$f(P) = \frac{(0,1 - 0,1) \times 10}{0,0128}$	$f(P) = -0,4740$
$F(K) = \frac{(K \text{ parcela} - 0,521) \times 10}{0,1468}$	$f(K) = \frac{(0,52 - 0,521) \times 10}{0,1468}$	$f(K) = -0,1268$
$F(Ca) = \frac{(Ca \text{ parcela} - 3,168) \times 10}{0,2542}$	$f(Ca) = \frac{(3,17 - 3,168) \times 10}{0,2542}$	$f(Ca) = 0,0494$
$F(Mg) = \frac{(Mg \text{ parcela} - 0,363) \times 10}{0,0471}$	$f(Mg) = \frac{(0,42 - 0,363) \times 10}{0,0471}$	$f(Mg) = 11,9120$

Tabla 5.41 Cálculo de las funciones de las relaciones de los macroelementos en Bobal/110R

PASO 2 BIS	$f(N/P) = \frac{(N/Pparcela - 17,405) \times 10}{1,8254}$	$f(N/P) = \frac{(18,4 - 17,405) \times 10}{1,8254}$	$f(N/P) = 5,4507$
	$f(K/N) = \frac{(K/Nparcela - 0,301) \times 10}{0,0849}$	$f(K/N) = \frac{(0,2826 - 0,301) \times 10}{0,0849}$	$f(K/N) = -2,2102$
	$f(N*Ca) = \frac{(N*Caparcela - 5,495) \times 10}{0,6469}$	$f(N*Ca) = \frac{(5,8328 - 5,495) \times 10}{0,6469}$	$f(N*Ca) = 5,2151$
	$f(Mg/N) = \frac{(Mg/Nparcela - 0,211) \times 10}{0,0332}$	$f(Mg/N) = \frac{(0,2282 - 0,211) \times 10}{0,0332}$	$f(Mg/N) = 5,0598$
	$f(K/P) = \frac{(K/Pparcela - 5,188) \times 10}{1,3617}$	$f(K/P) = \frac{(5,2 - 5,188) \times 10}{1,3617}$	$f(K/P) = 0,0866$
	$f(P*Ca) = \frac{(P*Caparcela - 0,318) \times 10}{0,0458}$	$f(P*Ca) = \frac{(0,317 - 0,318) \times 10}{0,0458}$	$f(P*Ca) = -0,3038$
	$f(P*Mg) = \frac{(P*Mgparcela - 0,036) \times 10}{0,0066}$	$f(P*Mg) = \frac{(0,042 - 0,036) \times 10}{0,0066}$	$f(P*Mg) = 8,2384$
	$f(K*Ca) = \frac{(K*Caparcela - 1,645) \times 10}{0,4562}$	$f(K*Ca) = \frac{(1,6484 - 1,645) \times 10}{0,4562}$	$f(K*Ca) = 0,0695$
	$f(K*Mg) = \frac{(K*Mgparcela - 0,188) \times 10}{0,0524}$	$f(K*Mg) = \frac{(0,2184 - 0,188) \times 10}{0,0524}$	$f(K*Mg) = 5,7215$
	$f(Mg/Ca) = \frac{(Mg/Caparcela - 0,115) \times 10}{0,0134}$	$f(Mg/Ca) = \frac{(0,1324 - 0,115) \times 10}{0,0134}$	$f(Mg/Ca) = 13,0383$
PASO 3 BIS			PASO 4 BIS

Tabla 5.42 Cálculo de los índices N, P y K en Bobal/110R

Índice del nitrógeno		
f(N) =	6,1803	
f(N/P) =	5,4507	
f(K/N) =	2,2102	
f(N*Ca) =	5,2151	
f(Mg/N) =	-5,0598	
$\text{Índice Nitrógeno} = \frac{6,180 + (5,45) + (2,21) - (-2,21) + (5,215) - (-5,059)}{5} = 2,799$		
Índice del fósforo		
f(P) =	-0,4740	
f(N/P) =	-5,4507	
f(K/P) =	-0,0866	
f(P*Ca) =	-0,3038	
f(P*Mg) =	8,2384	
$\text{Índice Fósforo} = \frac{-0,474 - (-5,45) + (-0,086) + (-0,303) + (8,238)}{5} = 0,384$		
Índice del potasio		
f(K) =	-0,1268	
f(K/N) =	-2,2102	
f(K/P) =	0,0866	
f(K*Ca) =	0,0695	
f(K*Mg) =	5,7215	
$\text{Índice Potasio} = \frac{-0,126 + (-2,21) + (0,086) + (0,069) + (5,721)}{5} = 0,708$		

Tabla 5.43 Cálculo de los índices de Ca y Mg en Bobal/110R

Índice del calcio	
f(Ca) =	0,0494
f(N*Ca) =	-5,2151
f(P*Ca) =	0,3038
f(K*Ca) =	-0,0695
f(Mg/Ca) =	13,0383

Índice Calcio =	$\frac{0,049 + (-5,215) - (0,303) - (-0,069) - (-13,038)}{5} = -3,593$
-----------------	--

Índice del magnesio	
f(Mg) =	11,9120
f(Mg/N) =	5,0598
f(P*Mg) =	-8,2384
f(K*Mg) =	-5,7215
f(Mg/Ca) =	13,0383

Índice Magnesio =	$\frac{11,912 + (5,059) - (-8,238) - (-5,721) + (13,038)}{5} = 3,21$
-------------------	--

Tabla 5.44 Cálculo del IBN y del IBN medio en Bobal/110R

IBN =	$12,7991 + 10,3841 + 10,7081 + 13,211 + 10,696 = 10,696$
IBN medio =	$\frac{10,696}{5} = 2,139$

Tabla 5.45 Interpretación del IBN y del IBN medio en Bobal/110R

IBN	10,696	MUY BUENO
IBN_{medio}	2,139	

Tabla 5.46 Interpretación de cada índice en función del IBN y del IBN medio

ÍNDICE	VALOR	INTERPRETACIÓN
Índice N	2,799	Exceso
Índice P	0,385	Correcto
Índice K	0,708	Correcto
Índice Ca	-3,594	Carencia
Índice Mg	3,210	Exceso

Por tanto, según la interpretación con el IBN y el IBN medio podemos ordenar la importancia de los nutrientes, siendo el elemento más desfavorable el calcio, y el siguiente elemento más desfavorable el nitrógeno y el magnesio. El índice del calcio indica una posible carencia y el del nitrógeno y magnesio un posible exceso. El IBN indica que el estado nutricional de la planta tiene un equilibrio muy bueno, por lo que las correcciones serían mínimas.

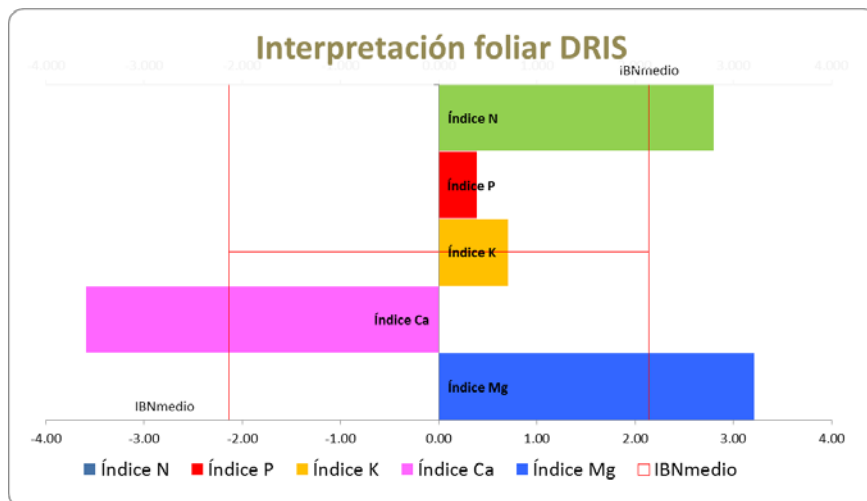


Tabla 5.47 Cálculo del resto R en Bobal/110R

$$R = 100 - (1,736 + 0,1 + 0,521 + 0,363 + 3,168) = 93,95$$

Tabla 5.48 Cálculo de G

$$G = (1,736 \times 0,1 \times 0,521 \times 0,363 \times 3,168 \times 93,95)^{1/(6+1)} = 1,512$$

Tabla 5.49 Cálculo de los índices CND, paso 1 en Bobal/110R

$$V_{\text{nitrógeno}} = \text{Ln} \frac{1,736}{1,512} = 0,196$$

$$V_{\text{fósforo}} = \text{Ln} \frac{0,100}{1,512} = -2,716$$

$$V_{\text{potasio}} = \text{Ln} \frac{0,521}{1,512} = -1,067$$

$$V_{\text{calcio}} = \text{Ln} \frac{0,363}{1,512} = -1,281$$

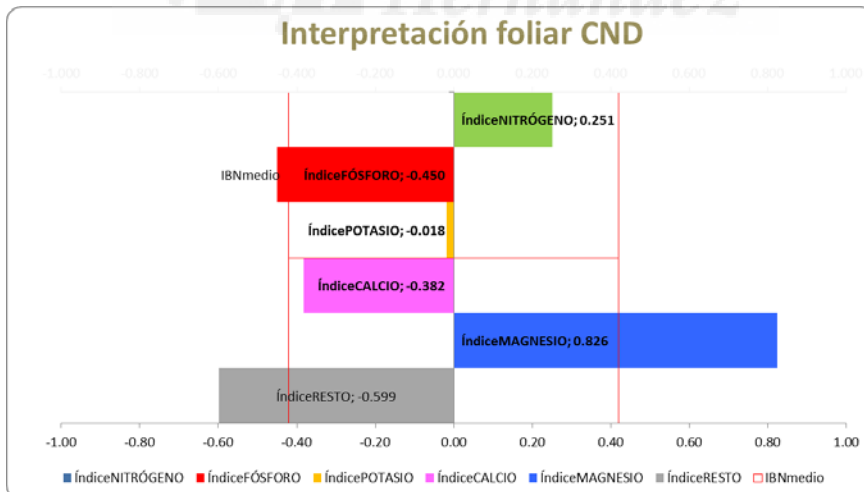
$$V_{\text{magnesio}} = \text{Ln} \frac{3,168}{1,512} = 0,74$$

$$V_{\text{resto}} = \text{Ln} \frac{94}{1,512} = 4,129$$

Tabla 5.50 Cálculo de los índices CND, paso 2 en Bobal/110R

$\text{Índice CND}_{\text{NITRÓGENO}} = \frac{\text{Valor VN muestra} - (0,175)}{0,080}$
$\text{Índice CND}_{\text{FÓSFORO}} = \frac{\text{Valor VP muestra} - (-2,675)}{0,091}$
$\text{Índice CND}_{\text{POTASIO}} = \frac{\text{Valor VK muestra} - (-1,063)}{0,246}$
$\text{Índice CND}_{\text{MAGNESIO}} = \frac{\text{Valor VMg muestra} - (-1,39)}{0,132}$
$\text{Índice CND}_{\text{CALCIO}} = \frac{\text{Valor Vca muestra} - (0,779)}{0,103}$
$\text{Índice CND}_{\text{RESTO}} = \frac{\text{Valor Rd muestra} - (4,173)}{0,074}$

Tabla 5.51 Interpretación de cada índice CND mediante un nutrigrama en Bobal/110R



EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN DRIS BOBAL/41B

Tabla 5.52: Valores del análisis a interpretar en Bobal/41B

Nitrógeno (N)	3,03
Fosforo (P)	0,19
Potasio (K)	1,02
Calcio (Ca)	2,51
Magnesio (Mg)	0,35

Tabla 5.53: Valores de las relaciones de la parcela del análisis a interpretar en Bobal/41B

N/P	15,9474
K/N	0,3366
N*Ca	7,6053
N*Mg	1,0605
K/P	5,3684
P*Ca	0,4769
Mg/P	1,8421
K*Ca	2,5602
K*Mg	0,3570
Ca/Mg	7,1714

fff

Tabla 5.54: Cálculo de las funciones de los macroelementos en Bobal/41B

<p>PASO 2</p> $F(N) = \frac{(N \text{ parcela} - 2,129) \times 10}{0,2909}$	<p>PASO 3</p> $f(N) = \frac{(3,03 - 2,129) \times 10}{0,2909}$	<p>PASO 4</p> $f(N) = 30,9524$
$F(P) = \frac{(P \text{ parcela} - 0,116) \times 10}{0,0276}$	$f(P) = \frac{(0,19 - 0,116) \times 10}{0,0276}$	$f(P) = 26,6963$
$F(K) = \frac{(K \text{ parcela} - 0,667) \times 10}{0,2363}$	$f(K) = \frac{(1,02 - 0,667) \times 10}{0,2363}$	$f(K) = 14,9175$
$F(Ca) = \frac{(Ca \text{ parcela} - 3,009) \times 10}{0,3170}$	$f(Ca) = \frac{(2,51 - 3,009) \times 10}{0,3170}$	$f(Ca) = -15,7672$
$F(Mg) = \frac{(Mg \text{ parcela} - 0,439) \times 10}{0,0626}$	$f(Mg) = \frac{(0,35 - 0,439) \times 10}{0,0626}$	$f(Mg) = -14,3361$

Tabla 5.55: Cálculo de las funciones de las relaciones de los macroelementos en Bobal/41B

PASO 2 BIS		PASO 3 BIS		PASO 4 BIS	
$f(N/P) = \frac{(N/P)_{parcela} - 18,788}{2,6906} \times 10$	$f(N/P) = \frac{(15,9473 - 18,788)}{2,6906} \times 10$	$f(N/P) = -10,5596$			
$f(K/N) = \frac{(K/N)_{parcela} - 0,313}{0,1064} \times 10$	$f(K/N) = \frac{(0,3366 - 0,313)}{0,1064} \times 10$	$f(K/N) = 2,1827$			
$f(N*Ca) = \frac{(N*Ca)_{parcela} - 6,363}{0,7641} \times 10$	$f(N*Ca) = \frac{(7,6053 - 6,363)}{0,7641} \times 10$	$f(N*Ca) = 16,2526$			
$f(N*Mg) = \frac{(N*Mg)_{parcela} - 0,931}{0,1553} \times 10$	$f(N*Mg) = \frac{(1,0605 - 0,931)}{0,1553} \times 10$	$f(N*Mg) = 8,3361$			
$f(K/P) = \frac{(K/P)_{parcela} - 5,811}{1,7461} \times 10$	$f(K/P) = \frac{(5,3684 - 5,811)}{1,7461} \times 10$	$f(K/P) = -2,5403$			
$f(P*Ca) = \frac{(P*Ca)_{parcela} - 0,347}{0,0723} \times 10$	$f(P*Ca) = \frac{(0,4769 - 0,347)}{0,0723} \times 10$	$f(P*Ca) = 17,9404$			
$f(Mg/P) = \frac{(Mg/P)_{parcela} - 3,961}{0,9668} \times 10$	$f(Mg/P) = \frac{(1,8421 - 3,961)}{0,9668} \times 10$	$f(Mg/P) = -21,9260$			
$f(K*Ca) = \frac{(K*Ca)_{parcela} - 1,989}{0,6864} \times 10$	$f(K*Ca) = \frac{(2,5602 - 1,989)}{0,6864} \times 10$	$f(K*Ca) = 8,3167$			
$f(K*Mg) = \frac{(K*Mg)_{parcela} - 0,288}{0,1003} \times 10$	$f(K*Mg) = \frac{(0,357 - 0,288)}{0,1003} \times 10$	$f(K*Mg) = 6,8609$			
$f(Ca/Mg) = \frac{(Ca/Mg)_{parcela} - 6,915}{0,7113} \times 10$	$f(Ca/Mg) = \frac{(7,1714 - 6,915)}{0,7113} \times 10$	$f(Ca/Mg) = 3,5955$			

Tabla 5.56: Cálculo de los índices N, P y K en Bobal/41B

<p>Índice del nitrógeno</p> $f(N) = 30,9524$ $f(N/P) = -10,5596$ $f(K/N) = -2,1827$ $f(N*Ca) = 16,2526$ $f(N*Mg) = 8,3361$		$\text{Índice Nitrógeno} = \frac{30,952 + (-10,559) - (-2,182) + (16,252) + (8,336)}{5} = 8,559$
<p>Índice del fósforo</p> $f(P) = 26,6963$ $f(N/P) = 10,5596$ $f(K/P) = 2,5403$ $f(P*Ca) = 17,9404$ $f(Mg/P) = 21,9260$		
<p>Índice del potasio</p> $f(K) = 14,9175$ $f(K/N) = 2,1827$ $f(K/P) = -2,5403$ $f(K*Ca) = 8,3167$ $f(K*Mg) = 6,8609$		$\text{Índice Potasio} = \frac{14,917 + (2,182) + (-2,54) + (8,316) + (6,86)}{5} = 5,947$

Tabla 5.57 Cálculo de los índices de Ca y Mg en Bobal/41B

Índice del calcio	
f(Ca) =	15,7672
f(N*Ca) =	16,2526
f(P*Ca) =	17,9404
f(K*Ca) =	-8,3167
f(Ca/Mg) =	3,5955

$\frac{-15,767 + (-16,252) - (-17,94) - (-8,316) + (3,595)}{5} = -10,936$	
Índice Calcio =	

Índice del magnesio	
f(Mg) =	14,3361
f(N*Mg) =	-8,3361
f(Mg/P) =	21,9260
f(K*Mg) =	-6,8609
f(Ca/Mg) =	-3,5955

$\frac{-14,336 - (-8,336) + (-21,925) - (-6,86) - (-3,595)}{5} = -11,01$	
Índice Magnesio =	

Tabla 5.58: Cálculo del IBN y del IBN medio en Bobal/41B

IBN =	18,5591 +	115,9321 +	15,9471 +	1-10,9361 +	1-11,011	= 52,386
IBN medio =	$\frac{52,386}{5}$					= 10,477

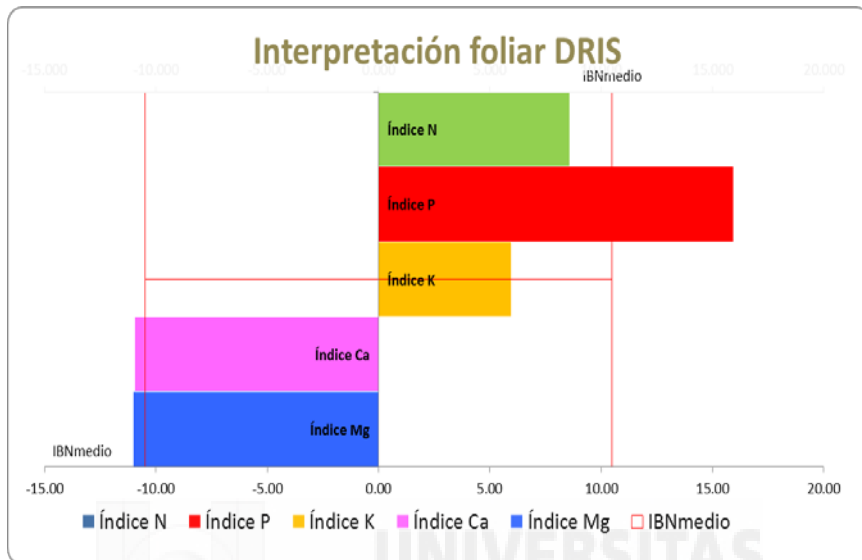
Tabla 5.59: Interpretación del IBN y del IBN medio en Bobal/41B

IBN	52,387	CIERTO DESEQUILIBRIO
IBN_{medio}	10,477	

Tabla 5.60: Interpretación de cada índice en función del IBN y del IBN medio Bobal/41B

Índice N	8,560	Correcto
Índice P	15,933	Exceso
Índice K	5,947	Correcto
Índice Ca	-10,936	Carencia
Índice Mg	-11,011	Carencia

Por tanto, según la interpretación con el IBN y el IBN medio podemos ordenar la importancia de los nutrientes, siendo el elemento más desfavorable el magnesio, y el siguiente elemento más desfavorable el calcio y el fósforo. Los índices del magnesio y del calcio indican una posible carencia y el del fósforo un posible exceso. El IBN indica que el estado nutricional de la planta tiene un cierto desequilibrio.



EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN CND BOBAL /41B

Tabla 5.61: Cálculo del resto R en Bobal/41b

$$R = 100 - (2,129 + 0,116 + 0,667 + 0,439 + 3,009) = 92,9$$

Tabla 5.62: Cálculo de G

$$G = (2,129 \times 0,116 \times 0,667 \times 0,439 \times 3,009 \times 92,9)^{1/(6+1)} = 1,905$$

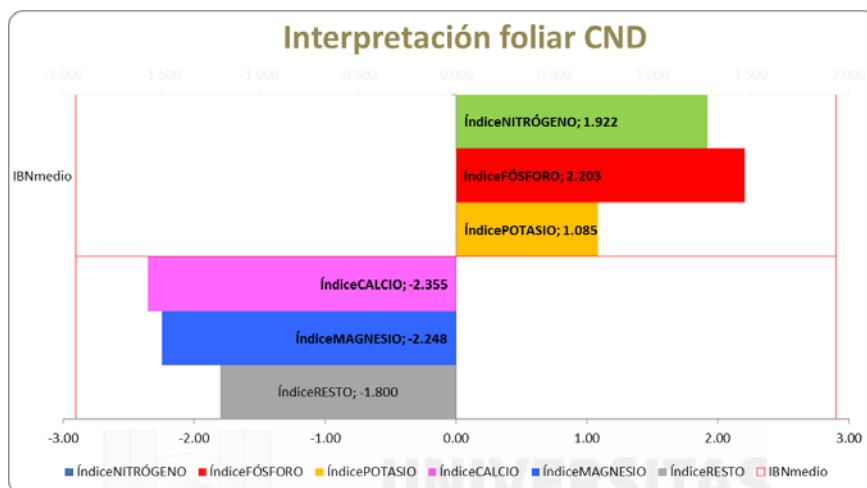
Tabla 5.63: Cálculo de los índices CND, paso 1 en Bobal/41B

Vnitrógeno	=	$\text{Ln} \frac{2,129}{1,905}$	= 0,463
Vfósforo	=	$\text{Ln} \frac{0,116}{1,905}$	= -2,305
Vpotasio	=	$\text{Ln} \frac{0,667}{1,905}$	= -0,625
Vcalcio	=	$\text{Ln} \frac{0,439}{1,905}$	= -1,694
Vmagnesio	=	$\text{Ln} \frac{3,009}{1,905}$	= 0,275
Vresto	=	$\text{Ln} \frac{93}{1,905}$	= 3,886

Tabla 5.64: Cálculo de los índices CND, paso 1 en Bobal/41B

Índice CND _{NITRÓGENO}	=	$\frac{0,463 - (-0,262)}{0,105}$	= 1,921
Índice CND _{FÓSFORO}	=	$\frac{-2,305 - (-2,66)}{0,161}$	= 2,203
Índice CND _{POTASIO}	=	$\frac{-0,625 - (-0,952)}{0,301}$	= 1,085
Índice CND _{MAGNESIO}	=	$\frac{-1,694 - (-1,316)}{0,168}$	= -2,248
Índice CND _{CALCIO}	=	$\frac{0,275 - (-0,611)}{0,143}$	= -2,354
Índice CND _{RESTO}	=	$\frac{3,886 - (4,054)}{0,093}$	= -1,799

Tabla 5.65: Interpretación de cada índice CND mediante un nutrigrama en Bobal/41B



EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN DRIS TEMPRANILLO/161-49C

Tabla 5.66 : Valores del análisis a interpretar

Nitrógeno (N)	3,68
Fosforo (P)	0,26
Potasio (K)	1,1
Calcio (Ca)	2,68
Magnesio (Mg)	0,3

Las normas DRIS se desarrollan tras definir una población de referencia. Es decir, una vez obtenida la relación entre todos los pares de nutrientes y sus respectivos coeficientes de variación (Mourao, 2004). El ratio entre los pares de nutrientes puede ser inverso o directo, de tal forma que la relación entre el nitrógeno y el fósforo, por ejemplo, puede expresarse como N/P, P/N o P x N. La elección del tipo de ratio dependerá del coeficiente de variación, seleccionando aquel con menor valor (Giménez et al., 2006)

Tabla 5.67: Valores de las relaciones de la parcela del análisis a interpretar

P/N	0.0707
K/N	0.2989
N*Ca	9,8624
N*Mg	1,1040
K/P	4,2308
P*Ca	0,6968
P*Mg	0,0780
K*Ca	2,9480
K*Mg	0,3300
Ca/Mg	8,9333

Tabla 5.68: Valores del análisis a interpretar

Nitrógeno (N)	3,68
Fosforo (P)	0,26
Potasio (K)	1,1
Calcio (Ca)	2,68
Magnesio (Mg)	0,3

Tabla 5.69: Valores de las relaciones de la parcela del análisis a interpretar

P/N	0,0707
K/N	0,2989
N*Ca	9,8624
N*Mg	1,1040
K/P	4,2308
P*Ca	0,6968
P*Mg	0,0780
K*Ca	2,9480
K*Mg	0,3300
Ca/Mg	8,9333

Tabla 5.70: Cálculo de las funciones de los macroelementos

PASO 2	PASO 3	PASO 4
$F(N) = \frac{(N \text{ parcela} - 2,421) \times 10}{0,3494}$	$f(N) = \frac{(3,68 - 2,421) \times 10}{0,3494}$	$f(N) = 36,0279$
$F(P) = \frac{(P \text{ parcela} - 0,144) \times 10}{0,0316}$	$f(P) = \frac{(0,26 - 0,144) \times 10}{0,0316}$	$f(P) = 36,4524$
$F(K) = \frac{(K \text{ parcela} - 0,656) \times 10}{0,2078}$	$f(K) = \frac{(1,1 - 0,656) \times 10}{0,2078}$	$f(K) = 21,3240$
$F(Ca) = \frac{(Ca \text{ parcela} - 3,375) \times 10}{0,6023}$	$f(Ca) = \frac{(2,68 - 3,375) \times 10}{0,6023}$	$f(Ca) = -11,5469$
$F(Mg) = \frac{(Mg \text{ parcela} - 0,45) \times 10}{0,1076}$	$f(Mg) = \frac{(0,3 - 0,45) \times 10}{0,1076}$	$f(Mg) = -13,9676$

Tabla 5.71: Cálculo de las funciones de las relaciones de los macroelementos

$f(P/N) = \frac{(P/N)_{parcela} - 0,059}{0,0085} \times 10$	$f(P/N) = \frac{(0,0706 - 0,059)}{0,0085} \times 10$	$f(P/N) = 12,9090$
$f(K/N) = \frac{(K/N)_{parcela} - 0,27}{0,0761} \times 10$	$f(K/N) = \frac{(0,2989 - 0,27)}{0,0761} \times 10$	$f(K/N) = 3,7711$
$f(N*Ca) = \frac{(N*Ca)_{parcela} - 8,086}{1,4419} \times 10$	$f(N*Ca) = \frac{(9,8624 - 8,086)}{1,4419} \times 10$	$f(N*Ca) = 12,3169$
$f(N*Mg) = \frac{(N*Mg)_{parcela} - 1,083}{0,2782} \times 10$	$f(N*Mg) = \frac{(1,104 - 1,083)}{0,2782} \times 10$	$f(N*Mg) = 0,7381$
$f(K/P) = \frac{(K/P)_{parcela} - 4,586}{1,2948} \times 10$	$f(K/P) = \frac{(4,2307 - 4,586)}{1,2948} \times 10$	$f(K/P) = -2,7502$
$f(P*Ca) = \frac{(P*Ca)_{parcela} - 0,48}{0,1027} \times 10$	$f(P*Ca) = \frac{(0,6968 - 0,48)}{0,1027} \times 10$	$f(P*Ca) = 21,0668$
$f(P*Mg) = \frac{(P*Mg)_{parcela} - 0,064}{0,0174} \times 10$	$f(P*Mg) = \frac{(0,078 - 0,064)}{0,0174} \times 10$	$f(P*Mg) = 7,9016$
$f(K*Ca) = \frac{(K*Ca)_{parcela} - 2,173}{0,6934} \times 10$	$f(K*Ca) = \frac{(2,948 - 2,173)}{0,6934} \times 10$	$f(K*Ca) = 11,1632$
$f(K*Mg) = \frac{(K*Mg)_{parcela} - 0,285}{0,0873} \times 10$	$f(K*Mg) = \frac{(0,33 - 0,285)}{0,0873} \times 10$	$f(K*Mg) = 5,1215$
$f(Ca/Mg) = \frac{(Ca/Mg)_{parcela} - 7,791}{1} \times 10$	$f(Ca/Mg) = (8,9333 - 7,791) \times 10$	$f(Ca/Mg) = 6,3176$

Tabla 5.72: Cálculo de los índices N, P y K

Índice del nitrógeno	
f(N) =	36,0279
f(P/N) =	-12,9090
f(K/N) =	-3,7711
f(N*Ca) =	12,3169
f(N*Mg) =	0,7381

$\text{Índice Nitrógeno} = \frac{36,027 - (-12,909) - (-3,771) + (12,316) + (0,738)}{5} = 6,48$	
---	--

Índice del fósforo	
f(P) =	36,4524
f(P/N) =	12,9090
f(K/P) =	2,7502
f(P*Ca) =	21,0668
f(P*Mg) =	7,9016

$\text{Índice Fósforo} = \frac{36,452 + (12,909) - (2,75) + (21,066) + (7,901)}{5} = 16,216$	
--	--

Índice del potasio	
f(K) =	21,3240
f(K/N) =	3,7711
f(K/P) =	-2,7502
f(K*Ca) =	11,1632
f(K*Mg) =	5,1215

$\text{Índice Potasio} = \frac{21,324 + (3,771) + (-2,75) + (11,163) + (5,121)}{5} = 7,725$	
---	--

Tabla 5.73: Cálculo de los índices de Ca y Mg

Índice del calcio	
f(Ca) =	-11,5469
f(N*Ca) =	-12,3169
f(P*Ca) =	-21,0668
f(K*Ca) =	-11,1632
f(Ca/Mg) =	6,3176

Índice del magnesio	
f(Mg) =	-13,9676
f(N*Mg) =	-0,7381
f(P*Mg) =	-7,9016
f(K*Mg) =	-5,1215
f(Ca/Mg) =	-6,3176

Índice Calcio =	$\frac{-11,546 + (-12,316) - (-21,066) - (-11,163) + (6,317)}{5}$	= -9,955
-----------------	---	----------

Índice Magnesio =	$\frac{-13,967 - (-0,738) - (-7,901) - (-5,121) - (-6,317)}{5}$	= -6,809
-------------------	---	----------

Tabla 6.77: Cálculo del IBN y del IBN medio en Tempranillo/161B

IBN =	16,481 +	116,2161 +	17,7251 +	1-9,9551 +	1-6,8091	= 47,187
IBN medio =	47,187					= 9,437

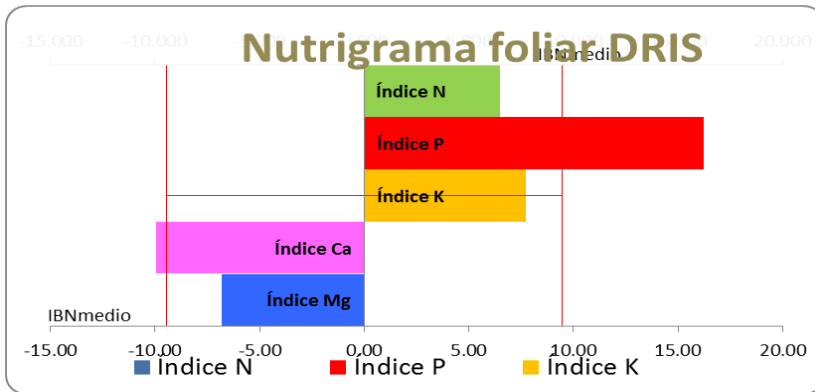
Tabla 5.74: Interpretación del IBN y del IBN medio

IBN	47,187	CIERTO DESEQUILIBRIO
IBN_{medio}	9,437	

Tabla 5.75: Interpretación de cada índice en función del IBN y del IBN medio

ÍNDICE	VALOR	INTERPRETACIÓN
Índice N	6,481	Correcto
Índice P	16,216	Exceso
Índice K	7,726	Correcto
Índice Ca	-9,955	Carencia
Índice Mg	-6,809	Correcto

Por tanto, según la interpretación con el IBN y el IBN medio podemos ordenar la importancia de los nutrientes, siendo el elemento más desfavorable el calcio, y el siguiente elemento más desfavorable el fósforo. El índice del calcio indica una posible carencia y el fósforo un posible exceso. El IBN indica que el estado nutricional de la planta presenta un cierto desequilibrio.



EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN CND TEMPRANILLO/161-49C

Tabla 5.76: Cálculo del resto R

$$R = 00 - (2,421 + 0,144 + 0,656 + 0,45 + 3,375) = 91,98$$

Tabla 5.77: Cálculo de G

$$G = (2,421 \times 0,144 \times 0,656 \times 0,45 \times 3,375 \times 91,98)^{1/(6+1)} = 2,066$$

Tabla 5.78: Cálculo de los índices CND, paso 1

$V_{\text{nitrogeno}} = \ln \frac{2,421}{2,066} = 0,577$	$\text{Índice CND}_{\text{NITRÓGENO}} = \frac{\text{Valor VN muestra} - (-0,315)}{0,099}$
$V_{\text{fosforo}} = \ln \frac{0,144}{2,066} = -2,072$	$\text{Índice CND}_{\text{FOSFORO}} = \frac{\text{Valor VP muestra} - (-2,513)}{0,169}$
$V_{\text{potasio}} = \ln \frac{0,656}{2,066} = -0,63$	$\text{Índice CND}_{\text{POTASIO}} = \frac{\text{Valor VK muestra} - (-1,031)}{0,283}$
$V_{\text{calcio}} = \ln \frac{0,450}{2,066} = -1,929$	$\text{Índice CND}_{\text{MAGNESIO}} = \frac{\text{Valor VMg muestra} - (-1,385)}{0,242}$
$V_{\text{magnesio}} = \ln \frac{3,375}{2,066} = 0,26$	$\text{Índice CND}_{\text{CALCIO}} = \frac{\text{Valor Vca muestra} - (0,641)}{0,199}$
$V_{\text{resto}} = \ln \frac{92}{2,066} = 3,795$	$\text{Índice CND}_{\text{RESTO}} = \frac{\text{Valor Rd muestra} - (-3,973)}{0,087}$

Tabla 5.79: Cálculo de los índices CND, paso 2

Índice CND _{NITRÓGENO}	=	$\frac{0,577 - (-0,315)}{0,1099}$	=	2,649
Índice CND _{FÓSFORO}	=	$\frac{-2,072 - (-2,513)}{0,169}$	=	2,603
Índice CND _{POTASIO}	=	$\frac{-0,63 - (-1,031)}{0,283}$	=	1,418
Índice CND _{MAGNESIO}	=	$\frac{-1,929 - (-1,385)}{0,242}$	=	-2,245
Índice CND _{CALCIO}	=	$\frac{0,26 - (0,641)}{0,199}$	=	-1,918
Índice CND _{RESTO}	=	$\frac{3,795 - (3,973)}{0,087}$	=	-2,04

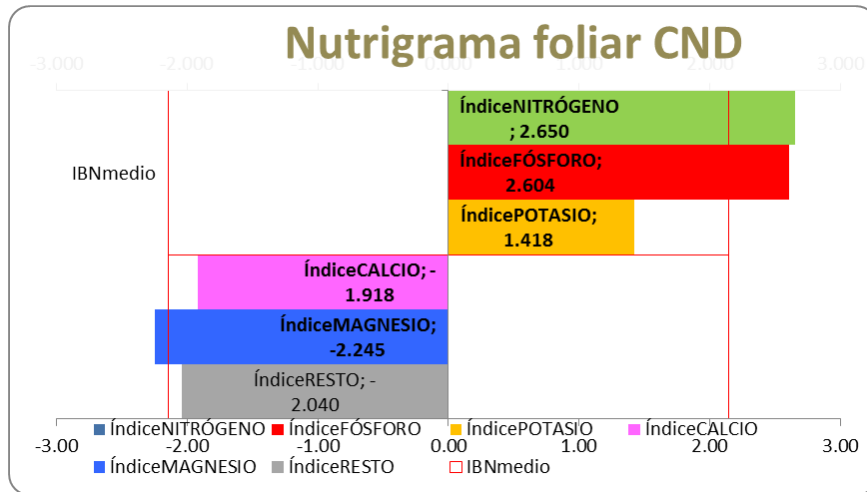


Figura 5.11 Interpretación de cada índice mediante un nutrigráfico



5.1.2 Tablas de resultados por en función de la combinación variedad /patrón

Tabla 5.80: Normas DRIS y MDRIS para Bobal/110R

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA Bobal/R110			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	1,7361	9,675	0,1679
P	0,1006	12,6793	0,0127
K	0,5218	28,1225	0,1467
Mg	0,3639	12,9275	0,047
Ca	3,1687	8,0236	0,2542
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
N/P	17,4050	10,4880	1,8254
K/N	0,3014	28,1679	0,0849
N*Ca	5,4954	11,7716	0,6469
Mg/N	0,2115	15,6943	0,0332
K/P	5,1882	26,2462	1,3617
P*Ca	0,3184	14,3981	0,0458
P*Mg	0,0366	17,9549	0,0066
K*Ca	1,6452	27,7295	0,4562
K*Mg	0,1884	27,8223	0,0524
Mg/Ca	0,1150	11,6459	0,0134

Tabla 5.81: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Bobal/110R

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 25,5	25,5-37,4	37,4-49,4	49,4-61,4	>61,4

Tabla 5.82: Normas CND para Bobal/110R

NORMAS CND PARA Bobal/R110			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno} =	0,1759	45,5795	0,0801
V_{Fósforo} =	0,0801	-2,7004	0,0908
V_{Potasio} =	-1,0632	-23,0932	0,2455
V_{Magnesio} =	-1,3900	-9,4854	0,1318
V_{Calcio} =	0,7792	13,1782	0,1026
V_{RD} =	4,1735	1,7808	0,0743
Rd =	94,1086	0,3569	0,3359
G =	0,1706	0,0973	0,0875

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Bobal/110-R, la suma de los índices no es igual a cero, y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 10,48 para la relación N/P hasta 28,16 para la relación K/N.

Tabla 5.83: Normas DRIS y MDRIS para Bobal /161-49C

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA Bobal/161B			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,2555	14,9695	0,3376
P	0,1358	22,1912	0,0301
K	0,782	30,5135	0,2386
Mg	0,3544	25,6966	0,091
Ca	3,1671	20,4658	0,6481
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
N/P	16,9651	13,8060	2,3422
N/K	3,1399	30,7995	0,9671
N*Ca	7,0405	18,6424	1,3125
N*Mg	0,7911	25,2928	0,2001
P/K	0,1857	27,9067	0,0518
P*Ca	0,4203	20,3214	0,0854
P*Mg	0,0473	26,3405	0,0125
K*Ca	2,3899	26,5445	0,6344
K*Mg	0,2645	26,4297	0,0699
Ca/Mg	9,1658	16,7781	1,5378

Tabla 5.84: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Bobal /161-49C

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 24,3	24,3-35,3	35,3-46,4	46,4-57,4	>57,4

Tabla 5.85: Normas CND para Bobal /161-49C

NORMAS CND PARA Bobal/161B			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno} =	0,288	41,7493	0,1202
V_{Fósforo} =	0,1202	-2,4836	0,1716
V_{Potasio} =	-0,8104	-36,7979	0,2982
V_{Magnesio} =	-1,5830	-15,6507	0,2477
V_{Calcio} =	0,6174	35,4654	0,2189
V_{RD} =	4,0215	1,9926	0,0801
Rd =	93,3048	0,5947	0,5548
G =	0,4876	0,566	0,4662

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Bobal/161-49C, la suma de los índices no es igual a cero, y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma, si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señala “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 13,80 para la relación N/P hasta 30,79 para la relación N/K.

Tabla 5.86: Normas DRIS y MDRIS para Bobal/41B

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA Bobal/41B			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,1297	13,6575	0,2908
P	0,1164	23,6756	0,0275
K	0,6674	35,4064	0,2363
Mg	0,4397	14,2302	0,0625
Ca	3,0098	10,5327	0,317
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
N/P	18,7886	14,3205	2,6906
K/N	0,3134	33,9545	0,1064
N*Ca	6,3634	12,0075	0,7641
N*Mg	0,9311	16,6765	0,1553
K/P	5,8120	30,0430	1,7461
P*Ca	0,3471	20,8361	0,0723
Mg/P	3,9619	24,4022	0,9668
K*Ca	1,9894	34,5025	0,6864
K*Mg	0,2882	34,8170	0,1003
Ca/Mg	6,9157	10,2859	0,7113

Tabla 5.87: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Bobal/41B

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 25,5	25,5-38,9	38,9-52,3	52,3-65,7	>65,7

Tabla 5.88: Normas CND para Bobal/41B

NORMAS CND PARA Bobal/41B				
ELEMENTO		MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno}	=	0,2623	39,9079	0,1047
V_{Fósforo}	=	0,1047	-2,7798	0,1609
V_{Potasio}	=	-0,9521	-31,6524	0,3013
V_{Magnesio}	=	-1,3165	-12,7757	0,1682
V_{Calcio}	=	0,6118	23,3541	0,1428
V_{RD}	=	4,0548	2,3056	0,0934
Rd	=	93,6368	0,46	0,4307
G	=	0,5576	0,4636	0,4914

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Bobal/41-B, la suma de los índices no es igual a cero, y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 10,28 para la relación Ca/Mg hasta 34,81 para la relación K*Mg.

Tabla 5.89: Normas DRIS y MDRIS para C Sauvignon/110R

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA C SAUVIGNON/110R			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,145	20,3161	0,4357
P	0,1465	37,6397	0,0551
K	0,6079	47,0127	0,2858
Mg	0,7277	17,5386	0,1276
Ca	3,7337	14,1822	0,5295
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
N/P	15,6776	20,9354	3,2822
K/N	0,2769	39,3755	0,1091
N*Ca	7,8489	14,7832	1,1603
N*Mg	1,5250	15,8247	0,2413
K/P	4,1066	30,7046	1,2609
P*Ca	0,5277	28,4038	0,1499
P*Mg	0,1022	29,0232	0,0297
K*Ca	2,1799	40,3843	0,8804
K*Mg	0,4196	41,5059	0,1742
Ca/Mg	5,2012	13,2357	0,6884

Tabla 5.90: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para C Sauvignon/110R

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 28,3	28,3-39,6	39,6-51	51-62,4	>62,4

Tabla 5.91: Normas CND para C Sauvignon/110-R

NORMAS CND PARA C SAUVIGNON/110R				
ELEMENTO		MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno}	=	0,1365	91,7999	0,1253
V_{Fósforo}	=	0,1253	-2,2994	0,2448
V_{Potasio}	=	-1,2267	-32,5141	0,3988
V_{Magnesio}	=	-0,9398	-29,4283	0,2765
V_{Calcio}	=	0,7002	34,8142	0,2437
V_{RD}	=	3,9222	3,4854	0,1367
Rd	=	92,6389	0,4887	0,4527
G	=	0,4565	0,2007	0,4095

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad C.Sauvignon/110-R, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 13,23 para la relación Ca/Mg hasta 41,50 para la relación K*Mg.

Tabla 5.92: Normas DRIS y MDRIS para C Sauvignon /161-49C

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA C SAUVIGNON/161-49C			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,3811	15,0077	0,3573
P	0,1553	23,5144	0,0365
K	0,8666	28,368	0,2458
Mg	0,3546	17,5605	0,0622
Ca	2,9657	17,1171	0,5076
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
N/P	15,7065	14,0245	2,2028
N/K	2,9326	26,9636	0,7907
N*Ca	6,9994	17,6957	1,2386
N*Mg	0,8355	17,5738	0,1468
K/P	5,7431	29,9415	1,7196
P*Ca	0,4552	23,4157	0,1066
P*Mg	0,0542	22,2251	0,0120
K*Ca	2,5145	26,6440	0,6700
K*Mg	0,2991	24,2904	0,0726
Ca/Mg	8,4343	12,7381	1,0744

Tabla 5.93: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para C Sauvignon /161-49C

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 25,1	25,1-36	36-46,9	46,9-57,7	>57,7

Tabla 5.94: Normas CND para C Sauvignon /161-49C

NORMAS CND PARA C SAUVIGNON/161-49C				
ELEMENTO		MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno}	=	0,3	36,1789	0,1085
V_{Fósforo}	=	0,1085	-2,5941	0,1791
V_{Potasio}	=	-0,74	-34,5239	0,2554
V_{Magnesio}	=	-1,6092	-11,9324	0,192
V_{Calcio}	=	0,5151	34,6722	0,1786
V_{RD}	=	3,9781	1,8401	0,0732
Rd	=	93,2764	0,5803	0,5413
G	=	0,4705	0,6553	0,6341

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad C. Sauvignon/161-49C, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 12,73 para la relación Ca/Mg hasta 29,94 para la relación K/P.

Tabla 5.95: Normas DRIS y MDRIS para C Sauvignon/SO4

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA C SAUVIGNON/SO4			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,3435	13,839	0,3243
P	0,139	28,9502	0,0402
K	0,7631	22,1274	0,1688
Mg	0,4285	31,6264	0,1355
Ca	3,602	17,414	0,6272
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
P/N	0,0585	20,1221	0,0118
N/K	3,1864	20,4022	0,6501
N*Ca	8,3888	19,7904	1,6602
N/Mg	5,9936	33,0055	1,9782
P/K	0,1849	26,7511	0,0495
P*Ca	0,4891	26,8989	0,1316
P*Mg	0,0591	41,8992	0,0248
K*Ca	2,7106	22,9429	0,6219
K*Mg	0,3148	26,3755	0,0830
Ca/Mg	8,9659	25,9678	2,3282

Tabla 5.96: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para C Sauvignon/SO4

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 21,9	21,9-33,3	33,3-44,8	44,8-56,2	>56,2

Tabla 5.97: Normas CND para C Sauvignon/SO4

NORMAS CND PARA C SAUVIGNON/SO4				
ELEMENTO		MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno}	=	0,2708	34,6176	0,0937
V_{Fósforo}	=	0,0937	-2,6246	0,2478
V_{Potasio}	=	-0,8673	-23,9995	0,2081
V_{Magnesio}	=	-1,4646	-18,9896	0,2781
V_{Calcio}	=	0,6935	28,5139	0,1977
V_{RD}	=	3,9576	2,4388	0,0965
Rd	=	92,7238	0,7266	0,6737
G	=	0,4442	0,4236	0,4464

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad C. Sauvignon/SO4, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 20,12 para la relación P/N hasta 41,89 para la relación P*Mg.

Tabla 5.98: Normas DRIS y MDRIS para Chardonnay/110R

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA CHARDONNAY/110R			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,3256	13,806	0,321
P	0,159	26,3541	0,0419
K	0,9756	40,3865	0,394
Mg	0,4338	26,7492	0,116
Ca	3,1969	21,8426	0,6982
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
P/N	0,0679	18,0341	0,0122
K/N	0,4191	38,1812	0,1600
N*Ca	7,3471	20,6272	1,5155
N*Mg	1,0012	26,8763	0,2691
K/P	6,3596	41,4612	2,6368
P*Ca	0,4988	27,0761	0,1351
P*Mg	0,0681	32,4065	0,0221
K*Ca	2,9557	33,3347	0,9853
K*Mg	0,3985	35,2625	0,1405
Ca/Mg	7,5657	18,2851	1,3834

Tabla 5.99: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Chardonnay/110R

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 24	24-35,6	35,6-47,1	47,1-58,7	>58,7

Tabla 5.100: Normas CND para Chardonnay/110R

NORMAS CND PARA CHARDONNAY/110R				
ELEMENTO		MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno}	=	0,2248	45,5138	0,1023
V_{Fósforo}	=	0,1023	-2,3431	0,2048
V_{Potasio}	=	-0,7156	-52,6854	0,377
V_{Magnesio}	=	-1,4778	-17,1485	0,2534
V_{Calcio}	=	0,5283	44,6706	0,236
V_{RD}	=	3,9215	2,2249	0,0872
Rd	=	92,9089	0,6732	0,6255
G	=	0,4456	0,1937	0,3178

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Chardonnay/110-R, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 18,03 para la relación P/N hasta 41,46 para la relación K/P.

Tabla 5.101: Normas DRIS y MDRIS para MERLOT sobre 110R

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA MERLOT/110R			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,1508	15,0768	0,3242
P	0,1228	26,806	0,0329
K	0,5335	50,5693	0,2698
Mg	0,5265	24,352	0,1282
Ca	3,1992	15,8605	0,5074
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
P/N	0,0566	16,7897	0,0095
N/K	4,8640	43,2359	2,1030
N*Ca	6,8143	17,3682	1,1835
N*Mg	1,1259	27,1345	0,3055
K/P	4,3381	40,0027	1,7354
P*Ca	0,3845	22,7555	0,0875
Mg/P	4,5746	32,4194	1,4831
K*Ca	1,6470	42,0590	0,6927
K*Mg	0,2640	38,5231	0,1017
Ca/Mg	6,3455	22,4305	1,4233

Tabla 5.102: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Merlot/110R

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 24,5	24,5-35,9	35,9-47,2	47,2-58,6	>58,6

Tabla 5.103: Normas CND para Merlot/110R

NORMAS CND PARA MERLOT/110R				
ELEMENTO		MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno}	=	0,2711	37,2658	0,101
V_{Fósforo}	=	0,101	-2,54	0,1825
V_{Potasio}	=	-1,2247	-32,475	0,3977
V_{Magnesio}	=	-1,1539	-22,8245	0,2633
V_{Calcio}	=	0,6668	32,0168	0,2135
V_{RD}	=	4,0541	2,776	0,1125
Rd	=	93,4669	0,5686	0,5314
G	=	0,4317	0,3734	0,4402

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Merlot/110-R, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 16,78 para la relación P/N hasta 43,23 para la relación N/K.

Tabla 5.104: Normas DRIS y MDRIS para Merlot/SO4

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA MERLOT/SO4			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,4329	13,6673	0,3325
P	0,1601	32,5705	0,0521
K	1,0415	29,0571	0,3026
Mg	0,4445	18,8135	0,0836
Ca	3,5343	13,4925	0,4768
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
P/N	0,0653	26,9578	0,0176
K/N	0,4297	27,9876	0,1203
N*Ca	8,5235	13,8772	1,1828
N*Mg	1,0802	23,1327	0,2499
P/K	0,1594	29,6805	0,0473
P*Ca	0,5581	30,4377	0,1699
Mg/P	3,0556	36,8105	1,1248
K*Ca	3,6494	29,7105	1,0843
K/Mg	2,3975	30,4392	0,7298
Ca/Mg	8,1590	18,1933	1,4844

Tabla 5.105: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Merlot/SO4

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 26,5	26,5-37,4	37,4-48,2	48,2-59,1	>59,1

Tabla 5.106: Normas CND para Merlot/SO4

NORMAS CND PARA MERLOT/SO4			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno} =	0,2223	51,7073	0,1149
V_{Fósforo} =	0,1149	-2,5821	0,2388
V_{Potasio} =	-0,6608	-33,8334	0,2236
V_{Magnesio} =	-1,4857	-11,3453	0,1685
V_{Calcio} =	0,5955	30,5927	0,1822
V_{RD} =	3,8682	2,9749	0,115
Rd =	92,3864	0,6348	0,5865
G =	0,0813	0,3541	0,4526

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Merlot/SO4, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 13,87 para la relación N/Ca hasta 36,81 para la relación Mg/P.

Tabla 5.107: Normas DRIS y MDRIS para Tempranillo/110R

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA TEMPRANILLO/110R			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,4617	19,4768	0,4794
P	0,1765	34,7923	0,0614
K	0,9732	28,1366	0,2738
Mg	0,3951	37,411	0,1478
Ca	3,1405	16,1813	0,5081
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
N/P	14,6364	17,3423	2,5383
K/N	0,4007	27,8393	0,1116
N*Ca	7,5528	12,7136	0,9602
N*Mg	0,9542	35,5809	0,3395
K/P	5,7988	29,4948	1,7103
P*Ca	0,5349	25,1395	0,1345
P*Mg	0,0673	40,5748	0,0273
K*Ca	3,0036	28,3950	0,8529
K*Mg	0,3602	32,0144	0,1153
Ca/Mg	8,6420	27,2069	2,3512

Tabla 5.108: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Tempranillo/110R

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 23,2	23,2-33,7	33,7-44,1	44,1-54,6	>54,6

Tabla 5.109: Normas CND para Tempranillo/110R

NORMAS CND PARA TEMPRANILLO/110R			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno} =	0,2678	52,5444	0,1407
V_{Fósforo} =	0,1407	-2,4129	0,2448
V_{Potasio} =	-0,6939	-44,4322	0,3083
V_{Magnesio} =	-1,6017	-20,6281	0,3304
V_{Calcio} =	0,513	42,5773	0,2184
V_{RD} =	3,9146	2,2405	0,0877
Rd =	92,8528	0,4917	0,4566
G =	0,7673	0,2785	0,5998

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Tempranillo/110-R, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 12,71 para la relación N*Ca hasta 40,57 para la relación P*Mg.

Tabla 5.110: Normas DRIS y MDRIS para Tempranillo/161-49C

NORMAS DRIS Y MDRIS PARA TEMPRANILLO/161-49C			
ELEMENTO	MEDIA	CV	SD
N	2,4212	14,4302	0,3493
P	0,1448	21,8213	0,0315
K	0,6567	31,6453	0,2078
Mg	0,4502	23,8896	0,1075
Ca	3,3755	17,8443	0,6023
RELACIONES SELECCIONAS			
RELACIÓN	MEDIA	CV	SD
P/N	0,0597	14,2857	0,0085
K/N	0,2702	28,1472	0,0761
N*Ca	8,0864	17,8318	1,4419
N*Mg	1,0835	25,6800	0,2782
K/P	4,5869	28,2283	1,2948
P*Ca	0,4804	21,3877	0,1027
P*Mg	0,0643	27,0526	0,0174
K*Ca	2,1740	31,8935	0,6934
K*Mg	0,2853	30,5886	0,0873
Ca/Mg	7,7915	23,1975	1,8074

Tabla 5.111: Rangos para la interpretación del IBN-DRIS para Tempranillo/161-49C

IBN muy equilibrado	IBN equilibrado	IBN con cierto desequilibrio	IBN muy desequilibrado	IBN extremadamente desequilibrado
0 - 23,3	23,3-35,3	35,3-47,2	47,2-59,2	>59,2

Tabla 5.112: Normas CND para Tempranillo/161-49C

NORMAS CND PARA TEMPRANILLO/161-49C				
ELEMENTO		MEDIA	CV	SD
V_{Nitrógeno}	=	0,3155	31,2831	0,0987
V_{Fósforo}	=	0,0987	-2,3958	0,1693
V_{Potasio}	=	-1,0313	-27,4045	0,2826
V_{Magnesio}	=	-1,3853	-17,5035	0,2424
V_{Calcio}	=	0,6415	30,9979	0,1988
V_{RD}	=	3,9732	2,1883	0,0869
Rd	=	92,9514	0,6679	0,6208
G	=	0,5456	0,4501	0,4778

En el caso del DRIS desarrollado para la variedad Tempranillo/161-49C, la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señalan “deficiencias” y mayores de cero señalan “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad.

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 14,28 para la relación P/N hasta 31,89 para la relación K*Ca.

5.2 EFECTO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL SOBRE LA CALIDAD DEL MOSTO

Las concentraciones de los elementos nutrientes, en función de las distintas variedades y su combinación con los distintos patrones se reflejan en las Tabla 5.113 y Tabla 5.114, respectivamente.

Por otra parte, el genotipo (variedad-portainjerto) aparece también como un factor determinante respecto a estas necesidades, existiendo una mayor o menor selectividad de algunos portainjertos hacia algunos elementos, especialmente potasio y magnesio: los patrones 1103 Paulsen y 41B absorben elevadas cantidades de magnesio, el SO₄ es muy poco selectivo respecto al magnesio, favoreciendo la alteración fisiológica conocida como “desección del raquis”, en variedades sensibles como la Cabernet Sauvignon.

En las tablas (Tabla 5.113) y (Tabla 5.114), se muestran los resultados de los análisis foliares de nutrientes en función de las distintas variedades y de los patrones, respectivamente. Las concentraciones de nitrógeno en hoja están dentro de los intervalos de referencia, propuestos en el conjunto de la DO Utiel-Requena (Tabla 2.3), es inferior a las recomendaciones de las normativas de Producción Integrada (PI) de las diferentes Consejerías de Agricultura (Tabla 2.3, Tabla 2.4, Tabla 2.5, Tabla 2.6) Los niveles de potasio se mantienen normales, iguales que los rangos de estas referencias, y el equilibrio N/K es óptimo de acuerdo con los estudios realizados previamente en ensayos de abonado en Ribera del Duero. La relación N/K más favorable (limbos en floración) para la variedad Tempranillo en la zona, desde el punto de vista productivo y cualitativo, está entre 3,6 y 4,3. (Delgado et al., 2004 y 2006).

Estando dentro de los niveles medios recomendados por Fregoni, (1998), los contenidos de fósforo, calcio y magnesio son normales si se comparan con los valores habituales de la DO Utiel-Requena,

en cuyo conjunto es precisamente el fósforo el elemento mineral limitante (González y Martín, 2005).

Tabla 5.113 Concentraciones medias de nutrientes, de las distintas variedades.

	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Bobal	1,9696 a	0,1147 a	0,6305 a	3,1428 a	0,3729 a
C Sauvignon	2,2581 b	0,1466 c	0,7147 b	3,5072 d	0,5529 d
Merlot	2,2645 b	0,1379 b	0,7383 b	3,3343 c	0,4934 c
Tempranillo	2,4341 c	0,1549 d	0,7575 b	3,3007 bc	0,4327 b
Chardonnay	2,3256 b	0,1590 d	0,9756 c	3,1969 ab	0,4338 b

Tabla 5.114 Concentraciones medias de nutrientes, de los distintos Patrones.

	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
110-R	2,0925 a	0,1330 b	0,6763 a	3,2622 b	0,4719 c
161-49C	2,3592 b	0,1431 c	0,7276 b	3,2495 b	0,4047 a
41-B	2,1297 a	0,1164 a	0,6674 ab	3,0098 a	0,4397 abc
SO4	2,4002 b	0,1524 d	0,9396 c	3,5590 c	0,4386 b

Tabla 5.115 Concentraciones medias de nutrientes, de la variedad Bobal por patrón

		Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Bobal	110-R	1,7361 a	0,1006 a	0,5218 a	3,1687 b	0,3639 a
	161-49C	2,1297 c	0,1164 c	0,7820 c	3,1671 b	0,3544 a
	41-B	2,2555 b	0,1358 b	0,6674 b	3,0098 a	0,4397 b

Tabla 5.116 Concentraciones medias de nutrientes, de la variedad C.Sauvignon por patrón

		Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
C.Sauvignon	110-R	2,1450 a	0,1465 a	0,6079 a	3,7337 a	0,7277 a
	161-49C	2,3811 b	0,1553 a	0,8666 b	2,9657 b	0,3546 b
	SO4	2,3435 b	0,1390 a	0,7631 c	3,6020 a	0,4285 c

Tabla 5.117 Concentraciones medias de nutrientes, de la variedad Merlot por patrón

		Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Merlot	110-R	2,1508 a	0,1228 a	0,5335 a	3,1992 a	0,5265 b
	SO4	2,4329 b	0,1613 b	1,0415 b	3,5343 b	0,4445 a

Tabla 5.118 Concentraciones medias de nutrientes, de la variedad tempranillo por patrón

		Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Tempranillo	110-R	2,4617 a	0,1765 a	0,9732 a	3,1405 a	0,3951 a
	161-49C	2,4212 a	0,1448 b	0,6567 b	3,3755 b	0,4502 b

Tabla 5.119 Concentraciones medias de nutrientes, de la variedad Chardonnay por patrón

		Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Chardonnay	110-R	2,3256	0,1590	0,9756	3,1969	0,4338

Tabla 5.120 Resultados de la ANOVA para cada factor.

	Peso	°Brix	pH	Acidez	IPT	ANT	IC	Na	°AL
Bodegas	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	SIG	NO SIG	SIG
Variedades	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	SIG
Patrones	SIG	SIG	SIG	SIG	SIG	NO SIG	SIG	NO SIG	SIG

Los rendimientos medio de cada una de las variedades estudiadas, se disponen en la tabla 5.121.

Las variedades nacionales han sido las más productivas, cuyo rendimiento medio se ordena de mayor a menor con las nacionales en cabeza: Bobal y Tempranillo, y las variedades francesas introducidas, en segundo lugar, Chardonnay, Merlot, Cabernet Sauvignon, y por el orden en el que se han enumerado aquí.

La variedad tinta más importante en la zona, Bobal, como la más productiva, se diferencia estadísticamente de todas las demás de manera significativa, mientras que Chardonnay está en el orden de las dos tintas con rendimiento más bajo como Merlot y Cabernet Sauvignon. Tempranillo (también llamada Cencibel, Tinto del País, etc.) se diferencia estadísticamente de las demás, en segundo lugar.

Los valores medios obtenidos para el peso medio de una 100 de bayas de cada una de las variedades son muy consistentes Tabla 5.121, porque se diferencia de cada una de todas las demás, teniendo significativa estadísticamente bayas más grandes las variedades españolas, y estando Tempranillo en el orden de la media de todas las variedades.

Madurez tecnológica

Hemos analizado los parámetros que definen la madurez tecnológica de las uvas de cada una de las variedades para comprobar el comportamiento de cada variedad en el momento de la vendimia. Se trata de acidez total, °Brix, pH, Índice de

polifenoles totales, antocianos, intensidad colorante y alcohol probable (Tabla 5.121).

La acidez total (AT) ha variado de manera importante en todas las variedades de un año a otro, agrupándose los valores medios de la siguiente forma: Tempranillo, Bobal, Chardonnay, y están en cifras semejantes sin diferencias significativas; Merlot, y Cabernet Sauvignon.

- En el °Brix se produce una mayor oscilación entre las variedades, apreciándose pocas diferencias entre las tintas, aunque Bobal, Tempranillo, Cabernet Sauvignon y Merlot son las que alcanzan el mayor grado alcohólico probable medio; con diferencias significativas.
- Las variedades Chardonnay tienen un pH medio mayor que algunas tintas y entre ellas, no encontramos valores muy semejantes, con pocas diferencias estadísticas, siendo Bobal la de mayor pH.

Madurez fenólica en las variedades tintas

Hemos analizado de igual forma los parámetros que mejor definen la madurez fenólica en el caso de las uvas tintas, en lo que se refiere a los componentes que determinan el color y los aromas de las mismas.

Para el índice de polifenoles totales (IPT) hemos encontrado diferencias entre las variedades estudiadas claramente significativas, ya que cada una de ellas tiene diferencias con respecto a las demás. Las variedades de mayor IPT en el conjunto de los años estudiados han sido Bobal, Cabernet Sauvignon y Merlot, aunque sin diferencia significativa frente a Tempranillo.

Respecto a los antocianos, prácticamente no encontramos diferencias entre las variedades estudiadas; sin embargo, hay dos

grupos de variedades, con diferencias significativas entre ellos, Bobal (con el lógico mayor contenido en antocianos) y Tempranillo. Y Cabernet Sauvignon y Merlot.

Efectos del nitrógeno NH₄ y N orgánico

Desde hace algunos años, se viene actuando con técnicas para modificar el comportamiento de algunos viñedos. Existe un gran interés en la reducción de vigos de los vigos y rendimientos, sin una planificación de la estrategia de la vinificación, lo que puede conducir al desequilibrio nutricional. Tras estos contratiempos, trabajos del INRA precisaron el límite mínimo de contenido en nitrógeno (valorable por el método Sorensen - Formoltration): 140 mg/litro de mosto. Valor por debajo de los obtenidos, para todas las variedades, sin significación estadística.

Por otra parte se demostró que el glutatión (proteína de 3 ácidos aminados) desempeña un papel muy importante en la conservación de los vinos, oponiéndose a los fenómenos de maderización. Tras estos trabajos, el glutatión se propuso como producto de tratamiento de los vinos contra la oxidación.

Tabla 5.121 Prueba de rangos múltiples para las variedades

	Recuento	Peso	°Brix	pH	Acidez	IPT	ANT	IC	Na	°AL
Cabernet Sauvignon	28	119,28 a	25,02 c	3,43 bc	4,11 a	28,85 b	278,92 b	8,86 b	240,65 a	14,57 c
Merlot	20	120,85 a	26,11 d	3,30 a	3,68 a	22,42 a	246,20 ab	7,04 a	234,39 a	15,58 d
Chardonnay	16	122,18 a	21,67 ab	3,48 bc	5,78 c	17,50 a				12,70 ab
Tempranillo	38	232,94 b	21,27 a	3,38 ab	5,49 bc	20,51 a	212,76 a	9,04 b	234,39 a	12,29 a
Bobal	18	306,74 c	22,32 b	3,55 c	5,02 b	34,77 c	232,11 a	15,37 c	254,58 a	13,10 b

Tabla 5.122 Prueba de rangos múltiples para los patrones

	Recuento	Peso	°Brix	pH	Acidez	IPT	ANT	IC	Na	°AL
110-R	42	135,62 a	23,49 b	3,38 ab	4,77 ab	22,49 a	240,42 a	8,10 a	224,06 a	13,75 b
SO4	26	138,69 a	24,93 c	3,34 a	4,23 a	22,06 a	245,38 a	7,57 a	248,92 b	14,62 c
161-49C	44	239,27 b	21,97 a	3,48 c	5,19 b	27,71 b	237,81 a	11,19 b	240,24 ab	12,80 a
41-B	8	281,87 b	22,27 ab	3,52 bc	5,16 ab	34,25 c	237,35 a	13,63 c	269,12 b	13,06 ab

5.3 CORRELACIÓN ENTRE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES Y LOS PARÁMETROS DE APTITUD ENOLÓGICA

En las tablas desde la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se refleja la relación entre cada una de las variables de maduración y la correspondiente variable de contenido foliar de esa misma parcela en la época de envero. Los valores responden a una regresión entre ambas variables, siendo 0 una relación nula y 1 una correlación perfecta. El valor negativo indica una correlación inversa entre ambas variables y el positivo una correlación directa. Los números en rojo son aquellas correlaciones que Statgraphics considera estadísticamente significativas.

En concordancia con resultados obtenidos con anterioridad (Delgado et al., 2004), se han detectado correlaciones significativamente positivas de los niveles de asimilación de nitrógeno con la acidez total del mosto, y significativamente negativas con el grado alcohólico probable.

El incremento de los niveles de asimilación de nitrógeno provoca disminuciones importantes en la cantidad de antocianos extraíbles, la absorbancia a 520 nm y la intensidad colorante de la uva. La concentración foliar de magnesio se correlacionó negativamente con la cantidad de antocianos totales en el hollejo.

El análisis de correlaciones ha mostrado que el incremento de los niveles de asimilación de calcio y magnesio, hace disminuir el peso de la uva.

Tabla 5.123 Estudio de las correlaciones en la Variedad Tempranillo

TEMPRANILLO									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.asi	°AL % Vol.
N	-0,1651	-0,4052	-0,2612	0,1883	-0,3332	0,2942	0,2061	0,3698	-0,3374
P	-0,2238	-0,5782	-0,3764	0,3283	-0,4745	0,5084	-0,1103	0,2177	-0,5873
K	0,0306	-0,4231	-0,4324	0,3161	-0,48	0,5077	-0,0361	0,0906	-0,4152
Ca	-0,2356	0,1233	-0,0348	-0,0835	0,0284	0,1722	0,2498	-0,0056	0,0077
Mg	-0,0865	0,1079	0,3751	-0,3579	0,3598	-0,2866	-0,1548	0,2011	0,1647

Tabla 5.124 Estudio de las correlaciones en la Variedad Bobal

BOBAL									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.asi	°AL % Vol.
N	-0,682	0,1324	-0,7984	0,8172	0,0896	-0,1225	0,6141	-0,6227	0,01085
P	-0,5437	0,2409	-0,597	0,7006	0,0901	-0,0517	0,4202	-0,6389	0,2312
K	-0,2471	0,0691	-0,0319	0,1211	0,0351	0,2543	0,0347	-0,1321	0,0759
Ca	0,5254	-0,2322	0,1803	-0,2877	0,0053	-0,2479	-0,3023	0,3958	-0,2432
Mg	0,4144	-0,4604	0,1551	-0,3097	-0,3701	-0,3545	-0,6353	0,5674	-0,4484

Tabla 5.125 Estudio de las correlaciones en la Variedad Cabernet Sauvignon

CABERNET SAUVIGNON									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol
N	-0,0049	0,0121	0,3014	-0,0608	0,0549	0,1201	0,5424	0,0501	-0,1775
P	-0,2456	0,219	-0,0562	-0,1599	-0,1302	0,0077	0,3804	-0,4287	0,124
K	0,03397	-0,3422	0,2265	0,3567	0,1853	0,1703	0,1103	0,1072	-0,3444
Ca	-0,6119	0,6514	-0,1202	-0,7195	-0,6496	-0,3664	-0,2023	-0,4943	0,6398
Mg	-0,5001	0,6143	-0,4353	-0,5325	-0,3789	-0,4541	-0,2411	-0,3999	0,5474

Tabla 5.126 Estudio de las correlaciones en la Variedad Merlot

MERLOT									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	0,2321	-0,2053	-0,0104	-0,1936	-0,1873	-0,3363	0,0466	-0,5175	-0,2064
P	0,1872	0,3836	0,2536	-0,0821	-0,12	0,5412	-0,3371	0,1507	0,3691
K	0,0344	0,2906	0,2608	0,0884	-0,2122	0,3922	-0,3873	0,0072	0,2904
Ca	-0,2496	0,3053	-0,1163	-0,1465	0,0161	-0,2545	0,3322	0,3836	-0,2958
Mg	0,1166	-0,1787	0,2321	0,2284	-0,0775	-0,1658	0,3882	0,2879	-0,1706

Tabla 5.127 Estudio de las correlaciones en la Variedad Chardonnay

CHARDONNAY									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total					°AL
N	0,1858	0,2131	-0,242	0,0546					0,1858
P	0,3633	-0,2049	0,1655	-0,4027					0,3633
K	0,2622	0,3868	-0,1341	-0,1696					0,2622
Ca	-0,3778	-0,2885	0,0432	0,3216					-0,3778
Mg	0,1457	-0,5687	0,1954	-0,0033					0,1457

Tabla 5.128 Estudio de las correlaciones en la combinación Tempranillo/161-49C

TEMPRANILLO 161-49C									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	-0,2096	-0,5415	-0,3546	0,251	-0,4785	0,3633	0,2073	0,2707	-0,4665
P	-0,2924	-0,5323	-0,2363	0,1989	-0,417	0,3903	-0,0098	0,3045	-0,5394
K	-0,0089	-0,3337	-0,261	0,0732	-0,4194	0,3119	0,1232	0,1297	-0,3051
Ca	-0,2338	0,0714	-0,1184	0,0075	-0,0308	0,305	0,227	0,0286	-0,0757
Mg	-0,1206	-0,0149	0,2825	-0,3395	0,2893	-0,1849	-0,2272	0,1901	0,0479

Tabla 5.129 Estudio de las correlaciones en la combinación Tempranillo/110-R

TEMPRANILLO 110R									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	0,4135	0,616	0,4574	0,0468	0,8396	0,9023	0,1541	0,8679	0,6209
P	-0,3488	-0,4055	-0,3775	-0,1864	0,4083	0,2859	-0,2545	0,0304	-0,4
K	0,0476	0,0815	0,0768	-0,2644	0,8673	0,7762	0,2433	0,4122	0,0829
Ca	-0,1292	-0,2159	-0,5851	-0,0591	-0,8737	-0,9032	0,2579	-0,6636	-0,2213
Mg	0,6941	0,3274	0,7765	0,8229	0,0819	0,2988	-0,203	0,3179	0,3311

Tabla 5.130 Estudio de las correlaciones en la combinación Bobal/161-49C

BOBAL 161-49C									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	-0,7177	0,2951	-0,766	0,8104	0,2468	-0,0914	0,9119	-0,6746	0,2724
P	-0,6018	0,453	-0,5908	0,7388	0,2878	-0,0482	0,7639	-0,8497	0,4391
K	-0,3206	0,2682	-0,1367	0,2662	0,2544	0,2368	0,4257	-0,5775	0,2567
Ca	0,5691	-0,3711	0,2374	-0,3641	-0,1159	-0,2326	-0,5782	0,6797	-0,3738
Mg	0,4541	-0,4834	0,0456	-0,2413	-0,3587	-0,4761	-0,6142	0,4414	-0,4842

Tabla 5.131 Estudio de las correlaciones en la combinación Cabernet Sauvignon/161-49C

CABERNET SAUVIGNON 161-49C									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	-0,754	0,619	0,3837	-0,834	-0,8795	-0,0443	0,904	-0,6293	0,6479
P	-0,6751	0,7129	0,2242	-0,9182	-0,9329	0,2073	0,9812	-0,6796	0,7382
K	0,091	0,3272	-0,2869	0,0889	-0,307	-0,2114	0,07	0,4672	0,3426
Ca	-0,4675	0,5057	0,1208	-0,7903	-0,6517	0,5282	0,8	-0,7859	0,5218
Mg	0,2961	-0,4914	0,1893	0,2982	0,6287	0,1291	-0,4153	-0,1857	-0,5015

Tabla 5.132 Estudio de las correlaciones en la combinación Cabernet Sauvignon/SO4

CABERNET SAUVIGNON SO4									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol
N	0,5878	0,7284	0,2175	0,0496	0,3772	0,1599	0,3061	-0,1614	0,3746
P	0,3813	0,8288	0,1473	-0,28	0,5453	-0,5312	0,5177	0,4011	0,846
K	0,2326	-0,6337	0,5575	-0,4008	-0,8188	0,005	-0,8275	-0,6678	-0,6052
Ca	0,3077	0,3868	0,1056	0,2396	0,1238	0,2584	-0,044	-0,4686	-0,0462
Mg	0,0369	0,7653	-0,3358	0,2116	0,5777	-0,4516	0,5265	0,2893	0,684

Tabla 5.133 Estudio de las correlaciones en la combinación Cabernet Sauvignon/110-R

CABERNET SAUVIGNON 110R									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	0,1585	0,0636	0,1872	-0,4799	0,2068	-0,0803	0,2335	0,1689	-0,3217
P	-0,1675	0,0447	0,0333	0,4969	-0,0464	-0,182	-0,1741	-0,4052	-0,2736
K	0,028	0,0331	0,0237	0,2181	0,0003	-0,3866	-0,057	-0,2233	-0,1053
Ca	0,2325	0,1844	0,2899	-0,1891	0,0926	-0,0672	0,0473	0,1379	0,3015
Mg	-0,2704	0,0589	-0,0941	0,1237	-0,1069	0,0782	-0,0596	0,2566	-0,0482

Tabla 5.134 Estudio de las correlaciones en la combinación Merlot/110-R

MERLOT 110R									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/L A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	0,5238	-0,4734	-0,0341	-0,1951	-0,52	0,0402	-0,5803	-0,6357	-0,4624
P	-0,6213	0,3715	-0,4046	0,0842	0,6455	0,2225	0,0887	0,3844	0,368
K	0,2591	-0,1455	-0,2144	0,2301	-0,3655	0,5821	-0,6612	-0,8642	-0,1476
Ca	0,3116	-0,5606	0,4977	-0,3286	-0,3018	-0,2656	0,04887	0,0745	-0,5778
Mg	0,1791	-0,4585	0,6468	-0,457	0,0478	-0,6263	0,6878	0,6425	-0,4573

Tabla 5.135 Estudio de las correlaciones en la combinación Merlot/SO4

MERLOT SO4									
	Peso	°Brix	pH	Acidez Total mg/l A. Tar.	IPT	ANT mg/l	IC mg/l	N.Asi	°AL % Vol.
N	-0,1361	0,0289	0,0561	-0,1652	0,184	-0,6081	0,3871	-0,3071	0,0164
P	0,5353	0,326	0,3726	-0,2012	-0,5943	0,6557	-0,5979	-0,1801	0,3017
K	0,4526	0,3873	0,3917	-0,0295	-0,5421	0,5169	-0,4385	-0,3696	0,3707
Ca	-0,5441	-0,1905	-0,4609	-0,0858	0,2749	-0,2958	0,3317	0,7005	-0,1735
Mg	-0,3824	0,1525	0,1679	-0,0922	-0,2077	0,3937	-0,1822	0,4139	0,1626

5.4 CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos, se pueden concluir las siguientes afirmaciones:

- Existen diferencias significativas en el análisis foliar entre variedades.
- Existen diferencias significativas en el análisis foliar entre patrones.
- Existen diferencias significativas en el análisis foliar de la variedad Bobal sobre los patrones: 110-R, 41-B, y 161-49C.
- Existen diferencias significativas en el análisis foliar de la variedad tempranillo sobre los patrones: 110-R, y 161-49C.
- Existen diferencias significativas en el análisis foliar de la variedad Cabernet Sauvignon sobre los tres patrones: 110-R, SO4 y 161-49.
- Existen diferencias significativas en el análisis foliar de la variedad Merlot sobre los dos patrones 110-R, SO4.

- Existen diferencias significativas en el análisis foliar de la variedad Chardonnay sobre el patrón 110-R, estudiado.
- Al existir diferencias significativas, tanto entre variedades como entre patrones, es por lo que hay que elaborar tablas de interpretación foliar individualizadas.
- Se han desarrollado las normas de diagnóstico nutricional DRIS para las siguientes combinaciones variedad/patrón: Bobal/110-R, Bobal/41-B, Bobal/161-49C; Tempranillo/110-R, Tempranillo/161-49C; Chardonnay/110-R, Merlot/110-R, Merlot/SO4; Cabernet Sauvignon/110R, Cabernet Sauvignon/41B, Cabernet Sauvignon/161-49C, SO4.
- Se han determinado las normas de diagnóstico nutricional M-DRIS para las siguientes combinaciones variedad/patrón: Bobal/110-R, Bobal/41-B, Bobal/161-49C; Tempranillo/110-R, Tempranillo/161-49C; Chardonnay/110-R, Merlot/110-R, Merlot/SO4; Cabernet Sauvignon/110R, Cabernet Sauvignon/41B, Cabernet Sauvignon/161-49C, SO4.
- Se han desarrollado las normas de diagnóstico nutricional CND para las siguientes combinaciones variedad/patrón: Bobal/110-R, Bobal/41-B, Bobal/161-49C; Tempranillo/110-R, Tempranillo/161-49C; Chardonnay/110-R, Merlot/110-R, Merlot/SO4; Cabernet Sauvignon/110R, Cabernet Sauvignon/41B, Cabernet Sauvignon/161-49C, SO4.

Finalmente, es la primera vez que se obtienen las *normas DRIS*, *M-DRIS* y *CND* para cada combinación variedad-patrón estudiada.

6 BIBLIOGRAFÍA

Amiri, M.E., Fallahi, E. 2007. Influence of Mineral Nutrients on Growth, Yield, Berry Quality, and Petiole Mineral Nutrient concentrations of Table Grape. *Journal of Plant Nutrition*. 30(3): 463-470.

Andrew, C.S. 1968. Problems in the Use of Chemical Analysis for Diagnosis of Plant Nutrient Deficiencies. *Journal Australian Institute Agriculture Science*. 34: 154-162.

Archibald, J.A. 1964. Weather Effects on Leaf - Nutrient Composition of Fruit Crops. *Plant Analysis and Fertilization Problems*. American Society Horticulture Science. 4: 1-8.

Arizaleta, M., Rodriguez, V., Rodriguez, O. 2002. Dris Foliar Norms for Coffee. *Acta Horticulture*. 594: 405-409.

Assens J., Ramírez Del Pozo J., Giannini G., Riba O., Villena J. 1973. Mapa Geológico De España, Utiel, Compañía General De Sondeos, Programa Magna. 693: 26-27

Baggiolini, M. 1952. Les Stades Repères de la Vigne. *Reviste Romande Agriculture Viticulture Arboriculture*. 8: 4-6.

Baldock, J., Schulte, E. 1996. Plant Analysis with Standardized Scores Combines Dris and Sufficiency Range Approaches for Corn. *Agriculture Journal*. 88: 448-456.

Balo, E., Prileszky, G., Happ, I., Kohalmi, M., Varga, L. 1988. Soil Improvement and the Use of Leaf Analysis for Forecasting Nutrient Requirements of Grapes. *Potash Revist* 6: 1-7.

Bar-Yosef, B. 1999. Advances in Fertigation. *Advances Agronomy*, 65: 1-77.

Bar-Yosef, B., Sheikolslami, M.R. 1976. Distribution of Water and Ions in Soils Irrigated and Fertilized From a Trickle Source. *Soil Science Society American Journal*, 40: 575-582.

Bataglia, O.C. 1989. Dris-Citros-Uma Alternativa Para Avaliar A Nutrição Das Plantas. *Laranja, Cordeirópolis*. 10(2): 565-576.

Bataglia, O.C., Dechen, A.R. 1986. Critérios Alternativos Para Diagnose Foliar. In: *Simpósio Avançado De Química E Fertilidade do Solo*, 1. Piracicaba. Anais...Campinas: Fundação Cargill. 115-136

Bates, T. R. 2001. Vineyard Nutrient Management. Lake Erie Grape Research. Cornell University, Nueva York. [Http://Lenewa.Netsync.Net/Public/Bates/Nutrientrec.Htm](http://Lenewa.Netsync.Net/Public/Bates/Nutrientrec.Htm) Chart.

Bates, T. R., Dunst, R.M., Joy, P. 2002. Seasonal Dry Matter, Starch, and Nutrient Distribution in 'Concord' Grapevine Roots. *Hortscience*, 37: 313-316.

Bavaresco, L., Giachino, E., Pezzutto, S. 2007. Grapevine Rootstock Effects on Lime-Induced Chlorosis, Nutrient Uptake, And Source-Sink Relationships. *Journal Plant Nutritional*. 7: 1451-1465.

Beaufils, E.R. 1957. Research For Racional Exploitation Of Hevea Brasiliensis Using A Physiological Diagnosis Based on Mineral Analysis Of Various Parts Of The Plant. *Fertilite*, 3: 27.

Beaufils, E.R. 1971. Physiological Diagnosis. A Guide For Improving Maize Production Based On Principles Developed For Rubber Trees. *Journal Fertility Society*. 1: 1-31.

Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris): A General Scheme for Experimentation and Calibration Based on Principles Developed From Research in Plant Nutrition. *Soil Science*, 1: 1-132.

Beaufils, E.R., Sumner, M.E. 1977. Effect of Time of Sampling on the Diagnosis of N, P, K, Ca, and Mg Requirements of Sugarcane by the Dris Approach. Proc. S.Afr. Sugar Tech. Assc. 51: 62-67.

Beaufils, E.R.; Sumner, M.E. 1976. Application of the Dris Approach for Calibrating Soil, Plant Yield and Quality Factors of Sugarcane. Processing South African Sugar Technology Association. 50: 118-124.

Bell, P., Hallmark, W., Sabbe, W., Dombek, D. 1995. Diagnosing Nutrient Deficiencies in Soybean, Using M-Dris and Critical Nutrient Level Procedures. Agriculture Journal. 87: 859-865.

Beverly, R. 1993. Reevaluation Reveals Weaknesses of Dris and Sufficiency Range Diagnoses for Wheat, Corn and Alfalfa. Commun. Soil Science. Plant Analysis. 24: 487-501.

Beverly, R. 1991. Calculating and Interpreting Dris Index Values (Appendix 5). Plant Analysis Handbook. Micro Macro Pub. Inc. Athens, Georgia. USA.

Beverly, R., Stark, J., Ojala, J., Embleton, T. 1984. Nutrient Diagnosis of Valencia Orange by Dris. Journal American Society. Horticulture Science. 109: 649-654.

Bhandal, J .S., Malik, C.P. 1988. Potassium Estimation, Uptake, and Its Role in Physiology and Metabolism of Flowering Plants. International Review of Cytology. 110: 205-254.

Bloem, E., Haneklaus, S., Salac, I., Wickenhäuser, P., Schnug, E. 2007. Facts and Fiction about Sulfur Metabolism In Relation To Plant-Pathogen Interactions. Plant Biology. 9: 596-607.

Bonilla, I., Cadahia, C., Carpena, O., Hernando, V. 1980. Effects of Boron on Nitrogen Metabolism and Sugar Levels of Sugar Beet. *Plant Soil*. 57: 3-9.

Bowen, J. 1992. Comparative Dris and Critical Concentration Interpretation of Papaya Tissue-Analysis Data. *Tropical Agriculture*. 69: 63-67.

Brar, M.S., Imas, P. 2009. Nitrogen Use Efficiency and Potassium. Role of Potassium in Improving Nue. International Potash Institute. *Cordination India*.

Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H. 1984. Effect of Crop Level on Growth, Yield and Wine Quality of a High Yielding Carignane Vineyard. *American Journal Enology Viticulture*. 35(4): 247-252.

Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H. 1985. Effect of Crop Level and Crop Load on Growth, Yield, Must and Wine Composition and Quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal Enology Viticulture*. 36: 125-131.

Bravdo, B., Hepner, Y. 1987. Irrigation Management and Fertigation to Optimize Grape Composition and Vine Performance. *Acta Horticulturae*, 206: 49-67.

Bresler, E. 1977. Trickle-Drip Irrigation: Principles and Application to Soil-Water Management. *Advances in Agronomy*, 29: 343-393.

Cadahía, C. 2005. *Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. 3ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Cahoon, G., Ellis, M., Williams, R., Lockshin, L. 1991. *Grapes: Production, Management, and Marketing*. Extension Bulletin, 815. The Ohio State University, Columbus.

Champagnol, F., 1990. Rajeunir Le Diagnostic Foliare. Progrès Agriculture Viticulture. 107: 343- 351.

Chen, B.C., Ho, P.C., Juang, P.W. 2013. Alleviation Effects Of Magnesium on Copper Toxicity And Accumulation In Grapevine Roots Evaluated With Biotic Ligand Models. Ecotoxicology 22: 174-183.

Christensen, L.P., Kasimatis, A.N., Jensen, F.L. 1978. Grapevine Nutrition and Fertilization in the San Joaquin Valley. Publication 4087. Division of Agricultural Sciences, University Of California, Berkeley.

Christensen, L.P. 1984. Nutrient Level Comparisons of Leaf Petioles and Blades in Twenty-Six Grape Cultivars over Three Years (1979 through 1981) American Journal of Enology and Viticulture. 35(3): 125-133.

Christensen, P. 1989. Vineyard Tissue Sampling Guide. California University. USA.

Ciesielska, J., Malusa, E., Bourlot, G. 2002. Grape Leaf Diagnosis in the Piedmont Region. Acta Horticulturae. 594: 387-392.

Clarke, C. J., Smith, G.S., Prasad, M., Comforth, I.S. 1986. Fertiliser Recommendations. The Agricultural Research and Advisory Services Divitions, Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington, New Zealand.

Coga, L., Slunjski, S., Custic, M.H., Gunjaca, J., Horvat, T., Petek, M. 2008. Effect of Soil Ph Reaction on Manganese Content and Dynamics in Grapevine (*Vitis Vinifera L.*) Proc. Vith is on Mineral Nutrition of Fruit Crops. Ed(s): M. Pestana and P.J. Correia. Acta Horticulture. 868, Isha 2010.

Coga, L., Slunjski, S., Herak Custic, M., Maslac, J., Petek, M., Cosic, T., Pavlovic, I. 2009. Influence of Soil Reaction on Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium Dynamics in Grapevine (*Vitis Vinifera L.*). *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 74(1): 39-43.

Conradie, W. J. 1981. Seasonal Uptake of Nutrients by Chenin Blanc Culture: Ii. Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium. *S. AF. Journal Enology Viticulture*. 2: 7-18.

Conradie, W. J. 1986. Utilization of Nitrogen by the Grapevine As Affected By Time of Application and Soil Type. *S. AF. Journal Enology Viticulture*. 7: 76-83.

Conradie, W. J. 1991. Translocation and Storage of Nitrogen by Grapevines As Affected By Time of Application. *Actas Del International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine*. Ed.: J. M. Rantz. American Society for Enology and Viticulture, Davis, Ca. 32-42.

Conradie, W.J., Saayman, D. 1989. Effects of Long-Term Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization on Chenin Blanc Vines. Ii. Leaf Analyses and Grape Composition. *American Journal of Enology and Viticulture* 40: 91-98.

Cook, J.A., Kishaba, T. 1956. Petiole Nitrate Analysis As A Criterion of Nitrogen Needs In California Vineyard. *Proceeding. American Society Horticulture Science*. 68: 131-140.

Crisp, P., Wicks, T.J., Bruer, D., Scott, E.S. 2006. An Evaluation of Biological and Abiotic Controls for Grapevine Powdery Mildew. 2. Vineyard Trials. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 12(3): 203-211.

Dasberg, S., Or, D. 1999. *Drip Irrigation*. Ed(s): Springer Verlag, Berlin. ISBN: 978-3-662-03965-6.

Delas, J. 1990. Analyse Foliaire, Un Complément Utile. *Viti de la Vigne Au Vin*. 139: 59-60.

Delgado, R., Martín, P., Alamo, M., Gonzalez, M.R. 2004. Changes in the Phenolic Composition of Grape Berries during Ripening In Relation To Vineyard Nitrogen and Potassium Fertilisation Rates. *Journal Science Food Agriculture* 84: 623-630.

Elwali, A.M., Gascho G.J. 1984. Soil Testing Foliar Analysis, and Dris as Guides for Sugarcane Fertilization. *Agronomy Journal*. 76: 465-470.

Elwali, A.M., Gascho, G.J. 1983. Sugar Cane Response to P, K, and Dris Corrective Treatments on Florida Histosols. *Agronomy Journal*. 75: 79-83.

Escano, C., Jones, C., Uehara, G. 1981. Nutrient Diagnosis in Corn Grown on Hydric Dystrandeps. II. Comparison of Two Systems of Tissue Diagnosis. *Soil Science Society American Journal*. 45: 1140-1114.

Failla, O., Scienza, A., Stringari, G., Porro, D., Tarducci, S., Di Dionisio, A. 1995. Indagine Sullo Stato Nutrizionale Dei Vigneti In Alcune Zone Toscane A Denominazione D'origine Per Una Proposta D'interpretazione Delle Analisi Fogliari E Del Terreno. *Vignevisi, Supl.* 12: 15-25.

Failla, O., Bogoni, M., Porro, D., Stringari, G. 1997. Soil and Leaf Analysis: Effect of Pedo-Climatic, Cultural and Genetic Factors on Their Calibration and Interpretation. *Acta Horticulture*. 448: 225-232.

Failla, O., Scienza, A., Stringari, G., Porro, D., Tarducci, S., Di Dionisio, A. 1995. Indagine Sullo Stato Nutrizionale Dei Vigneti In Alcune Zone Toscane A Denominazione D'origine Per Una Proposta D'interpretazione Delle Analisi Fogliari e del Terreno. *Vignevisi. Suplemento*. 12: 15-25.

Fallahi, E., Shafii, B., Stark, J.C., Fallahi, B., Hafez, S.L., 2005. Influence of Wine Grape Cultivars on Growth and Leaf Blade and Petiole Mineral Nutrients. *Horttechnology*. 15(4): 825-830.

Fisarakis, I., Nikolaou, N., Tsikalas, P., Therios, I., Stavrakas, D. 2005. Effect of Salinity and Rootstock on Concentration of Potassium, Calcium, Magnesium, Phosphorus, and Nitrate-Nitrogen in Thompson Seedless Grapevine. *D. Journal of Plant Nutrition*. 27(12): 2117-2134.

Fregoni, M. 1980, *Nutrizione e Fertilizzazione Della Vite*. Ed(s): Edagricole, Bologna. ISBN: 8820619962.

Fregoni, M. 1999. *Viticoltoira Di Qualità. Edizion I L'informatore Agrario, S.R.L.*

Gagnard, J., Huguet, C., Et Ryser, J.P. 1988. *L'analyse Du Sol Et Du Végétal Dans La Conduite De La Fertilisation: Le Contrôle De La Qualité Des Fruits*. Org. Int. Lutte Biologique Intégrée.

García-Escudero, E., Romero, I., Benito, A., Domínguez, N., Martín, I. 2013. Reference Levels for Leaf Nutrient Diagnosis of Cv. 'Tempranillo' Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) In The Rioja Appellation. *Commun Soil Science Plant Analysis*. 44: 645-654.

García-Escudero, E., Zaballa, O., González, G., Villar, M.T., Arroyo. M.C. 2002. Variación De La Composición Mineral De Hojas De Cv. Tempranillo Según El Órgano Analizado y La Época De Muestreo. Abstr. Iii Foro Mundial Del Vino. Rioja Iii Milenio. Gobierno De La Rioja (Ed.): Consejería Agricultura.

García-Escudero, E., Romero, I., Benito, A., Domínguez, N., Martín, I. 2012. Evaluación del Estado Nutricional De La Variedad Tempranillo En El Ámbito De La Doca Rioja. Vidarural.

García-Escudero, E., Zaballa, O., Lahoz, I., Arroyo, M.C. 2001. Influencia De La Variedad En La Composición Mineral De Hojas De Vid (*Vitis Vinífera* L.) y En La Calidad Del Vino. En Actas Del IV Congreso Ibérico De Ciencias Hortícolas. Ed(s): Sociedad Española De Ciencias Hortícolas. 1701-1708.

Gezgin, S., Bayrakli, F. 2009. The Effect of Different Zinc Application Methods and Levels on Yield and Quality of Hesapali (*Vitis Vinífera* L.) Grape. Bulgarian Journal Of Agricultural Science. 15(5): 410-416.

Gil, G., Rodríguez, J., González, S., Suarez, D., Urzúa, H. 1973. Evolución Estacional De Nutrientes Minerales En Hojas De Vid (*Vitis Vinífera* L.) Agricultura Técnica. 33(2): 45-53.

Giménez, M., Martínez, J., Ferrández, M., Oltra, M.A. Madrid, R., Rodríguez, V., Rodríguez, O. 2006. Análisis Foliar, Interpretación y Normas Dris Para La Viticultura En El Sureste Español. Aplicaciones Informáticas. I Congreso Internacional De Uva De Mesa. Ed(s): Fund. Rural caja. Valencia.

Giménez, M., Martínez, J., Ferrández, M., Oltra, M.A., Madrid, R., Rodríguez, V., Rodríguez, O. 2004. Initial Values of Dris Norms for Artichoke Cv. Blanca De Tudela (*Cynara Scolymus* L.) In The Provinces of Alicante and Murcia. Acta Horticulture. 660: 285-291.

Giner, J.F., Giménez, M., Oltra, M.A., Fernández, M., Arciniega, L. 2004. Establecimiento De Los Niveles De Interpretación Foliar Para La Variedad Cencibel En La Comarca De Utiel-Requena. Resúmenes Del X Congreso Nacional De Enólogos. Valencia. 23-25.

Giner, J.F., Giménez, M., Niñerola, J., García, S., Expósito, D., Oltra, M.A., Ferrandez, M., Arciniega, L., Martín, C. 2007. Ensayo Comparativo De Fertilizantes Potásicos En Viña, Variedad Merlot. Estudio De La Influencia De La Aplicación De Nitrato Potásico Y Tiosulfato Potásico Sobre La Producción Y Aptitud Enológica. *Vida Rural*. 59-63.

Gluhic, D., Custic, M., Petek, M., Coga, C., Slunjski, S., Sinčić, M. (2009). The Content of Mg, K and Ca Ions in Vine Leaf under Foliar Application of Magnesium on Calcareous Soils. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 74(2): 81-84.

Goldberg, S. D., Rinot, M., Karu, N. 1971. Effect of Trickle Irrigation Intervals on Distribution and Utilization of Soil Moisture in Vineyard. *Soil Science Society American Procesing*. 35: 127-130.

González-Andrés, F., Berberana, J. 1997. Determinación De Los Estándares De Referencia Locales En El Análisis Foliar De Viñedos De Tempranillo En La D.O. Cigales (Valladolid, España) *Nutri-Fitos*. 29-41.

Guillen, M.G., Fernández, F.G., Caro, M. 1965. Evolución Anual De Nutrientes En Hojas De Frutales y Vid. *Anales Edafologia. Agrobiologia*. 4: 327-340.

Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal A., Bagci, E.G., Cobana, S., Sahina, O. 2006. Antioxidant and Stomatal Responses of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) To Boron Toxicity. *Scientia Horticulturae*. 110: 279-284.

Gutiérrez, V.L., Darías, F. 1998. Niveles Foliare Comparativos De Tres Variedades De Uva Blanca Cultivadas En Tenerife (Islas Canarias). *Viticultura Enologia Profesional*. 59: 7-10.

Hagin, J., Lowengart, A. 1996. Fertigation for Minimizing Environmental Pollution by Fertilizers. *Fertilizer Research*. 43: 5-7.

Hagin, J., Sneh, M., Lowengart-Aycicegi, A. 2002. Ed(s): A. E. Johnston. International Potash Institute, Basilea (Suiza).

Hallmark, W., Beverly, R. 1991. An Update in the Use of the Diagnosis and Recommendation Integrated System. *Review Journal Fertilizer Issues*. 8: 74-88.

Hallmark, W., Demooy, C.J., Pesek, J. 1987. Comparison of Two Dris Methods for Diagnosing Nutrient Dificiencies. *Journal of Fertilizer Issues*, 4: 151-158.

Hawke ford, M.J. 2005. Sulfur. In: Broadley Mr, White Pj (Eds) *Plant Nutritional Genomics*. Blackwell Publ, Oxford, UK.

Hepner, Y., Bravdo, B. 1985. Effect Of Crop Level And Drip Irrigation Scheduling On The Potassium Status Of Cabernet Sauvignon And Carignane Vines And Its Influence On Must And Wine Composition And Quality. *American Journal Enology Viticulture*. 36: 140-147.

Hidalgo, L. 2002. *Tratado De Viticultura General*. Ed(s): Mundi-Prensa

Huck, M. G. 1970. Variation in Tap Root Elongation Rate As Influenced By Composition of the Soil Air. *Agronomy Journal*. 62: 815-818.

Huck, M.G., Hillel, D. 1983. A Model of Root Growth and Water Uptake Accounting For Photosynthesis, Respiration, Transpiration and Soil Hydraulics. En *Advances in Irrigation*, Ed(s): D. Hillel. Academic Press Nueva York. 2: 273-333.

Ibacache A., Sierra, C. 2009. Influence of Rootstocks on Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content in Petioles of Four Table Grape Varieties. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69(4): 503-508.

Jones, C. 1981. Proposed Modifications Of The Diagnosis And Recommendation Integrated System (Dris) For Interpreting Plant Analysis *Commun. Soil Science Plant Analysis*. 12: 785-794.

Jones, C., Bowen, J. 1981. Comparative Dris and Crop Log Diagnosis of Sugarcane Tissue Analysis, Georgia. *Agronomy Journal*. 73: 941-944.

Jones, J., Wolf, B., Mills, H. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc., Athens, Georgia.

Jones, M.B., Center, D.M., Vaughn, C.E., Bell, F.L. 1986 Using Dris to Assay Nutrients in Sub Clover. *California Agricultural*, Berkeley. 40: 19-21.

Kafkafi, U. 2005. Global Aspects of Fertigation Usage. *Fertigation Proceedings, International Symposium on Fertigation Beijing, China*. 8-22.

Kafkafi, U., Bar-Yosef, B. 1980. Trickle Irrigation and Fertilization of Tomatoes in High Calcareous Soils. *Agronomy Journal*. 72: 893-897.

Kaiser, B.N., Gridley, K.L., Brady, J.N., Phillips, T., Tyerman, S.D. (2005). The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production. *Annals of Botany*. 96: 745-754.

Keller, J., Bliesner, R.D. 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold, Nueva York.

Keller, M., Arnink, K.J., Hrazdina, A. 1998. Interaction of Nitrogen Availability during Bloom and Light Intensity during

Veraison. I. Effects on Grapevine Growth, Fruit Development, and Ripening. *American Journal Enology Viticulture*. 49 (3).

Keller, M., Pool, R.M., Henick-Kling, T. 1999. Excessive Nitrogen Supply And Shoot Trimming Can Impair Colour Development In Pinot Noir Grapes And Wine. *Australian Journal of Grape And Wine Research*. 5, 45-55.

Kenworthy, A. 1967. Plant Analysis and Interpretation of Analysis for Horticulture Crops. En: *Soil Testing and Plant Analysis II. Plant Analysis*. M. Stelly, Ed. Soil. Sci. Soc. Amer. Spec. Pub. 2. Madison, W.I. (Ee.Uu.). 381-392.

Kliewer, W.M. 1977. Influence Of Nitrogen Temperature, Solar Radiation And on Coloration And Composition of Emperor Grapes. *American Journal Enology Viticulture*. 28(2).

Kodur, S. 2011. Effect of Juice Ph and Potassium on Juice and Wine Quality, and Regulation of Potassium in Grapevines through Rootstocks (*Vitis*): A Short Review. *Vitis*. 50(1): 1-6.

Ksouri, R., Debez, A., Mahmoudi, H., Ouerghi, Z., Gharsalli, M., Lachaal, M. 2007. Genotypic Variability within Tunisian Grapevine Varieties (*Vitis Vinifera* L.) Facing Bicarbonate-Induced Iron Deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*. 45: 315-322.

Lavín, A. 1984. Evolución Estacional De Macronutrientes En Órganos De Vid (*Vitis Vinífera* L.) Cv. País, Creciendo Bajo Condiciones De Secano. *Agricultura Técnica (Chile)*. 45(3): 311-317.

Letsch, W. S., Sumner, M.E. 1984. Effect Of Population Size And Yield Level on Selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris) Norms. *Commun. Soil Science Plant Analysis*. 15:997-1006.

Lisarrague, J.R. 1997. Necesidades de Agua de la Vid. Agricultura. Revista Agropecuaria. 785:943-950.

Loué, A. 1990. Le Diagnostic Foliaire dans Les Enquêtes De Nutrition Minérale Des Vignes. Progrès Agricole et Viticole 107: 439-453.

Lucena, J.J. 1997. Methods Of Diagnosis Of Mineral Nutrition Of Plants A Critical Review. Acta Horticulture. 448: 179-192.

Magen, H., Imas, P. 2003. Fertigation, the Global View. 4th Fustigation Training Course, Nwsuaf. International Potash Institute, Basilea (Suiza).

Malavolta, E., Malavolta, M.L. 1989. Diagnose Foliar: Princípios E Aplicações. In: Bull, L.T., Rosolem, C.A. Interpretação De Análise Química De Solo E Planta Para Fins De Adubação. Botucatu, Fundação De Estudos E Pesquisas Agrícolas E Florestais, Faculdade De Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. 227-308.

Malavolta, E., Vitti, G., De Oliveira, S. 1997. Avaliação Do Estado Nutricional Das Plantas. Princípios E Aplicações. 2a Edición. Piracicaba. Associação Brasileira Para Pesquisa Da Potassa E Do Fosfato. Brasil.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant. Second Edition. Academic Press Limited. London, United Kingdom.

Martínez, J., Giménez, M., Ferrández, M., Oltra, M.A., Madrid, R., Rodríguez, V. And Rodríguez, O. 2004. Initial Values of Dris Norms for Artichoke Cv. Violeta De Provenza (*Cynara Scolymus* L.) In The Provinces of Alicante and Murcia. Acta Horticultura. 660: 435-441.

Martin-Prevel, P., Gagnard, J., Gautier, P. 1987. Plant Analysis as a Guide to the Nutrient Requirements of Temperate and

Tropical Crops. Editado Por P. Martinprevel, J. Gagnard Y P. Gautier. Lavoisier Publishing Inc. New York, N.Y.

Masi, E., Boselli, M. 2013. Foliar Application of Molybdenum: Effects on Yield Quality of the Grapevine Sangiovese (*Vitis Vinifera* L.). *Advances in Horticultural Science, North America*, 25.

Mirlean N, Roisenberg A, Chies Jo 2007 Metal Contamination of Vineyard Soils in Wet Subtropics (Southern Brazil). *Environmental Pollution*. 149: 10-17.

Montañés, L., Heras, L., Abadía, J., Sanz, M. 1993. Plant Analysis Interpretation Based On A New Index: Deviation From Optimum Percentage (Dop). *Journal Plant Nutrition*. 16: 1289-1308.

Mourao, F. 2004. Dris: Concepts and Applications on Nutritional Diagnosis in Fruit Crops. *Science Agriculture*. 61(5): 550-560.

Mourao, F. 2005. Dris and Sufficient Range Approaches in Nutritional Diagnosis of Valencia Sweet Orange on Three Rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*. 28: 691-705.

Mourao, F. And Azevedo, J.C. 2003. Dris Norms for Valencia Sweet Orange on Three Rootstocks. *Pesqueira. Agropecuaria. Brasileira*. 38(1): 85-93.

Mpelasoka, B.S., Schachtman, D.P., Treeby, M.T., Thomas, M.R. 2003. A Review of Potassium Nutrition in Grapevines with Special Emphasis on Berry Accumulation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 9(3): 154-168.

Mullins, M.G., Bouquet, A., Williams, L.E. 2000. *Biology of the Grapevine*. Cambridge: Cambridge University Press.

Munson, R., Nelson, W. 1990. Principles and Practices in Plant Analysis. P.359- 387. En: Soil Testing and Plant Analysis. 3a Ed. Sssa Book Series: 3. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison, W.I. (EE.UU.).

Navarro, S., M. León, L. Roca-Pérez, R. Boluda, L. García-Ferriz, P. Pérez-Bermúdez, I. Gaviria. 2008. Characterisation of Bobal and Crujidera Grape Cultivars, In Comparison With Tempranillo and Cabernet Sauvignon: Evolution of Leaf Macronutrients and Berry Composition during Grape Ripening. Food Chemical. 108: 182-190.

Oiv. 1996. Diagnostic Foliaire: Une Méthode Harmonisée. Bulletin De L'O.I.V. 69: 35-40.

Ollat, N., Laborde, B., Neveux, M., Diakou-Verdin, P., Renaud, C., Moing, A. 2003. Organic Acid Metabolism In Roots Of Various Grapevine (Vitis) Rootstocks Submitted To Iron Deficiency And Bicarbonate Nutrition, Journal Plant Nutrition. 26: 2165-2176.

Papadakis, I.E., Dimassi, K.N., Bosabadilis, A.M., Therios, I.N., Patakas, A., Giannakoula, A. 2004. Boron Toxicity In 'Clementine' Mandarin Plants Grafted On Two Rootstocks. Plant Science. 166: 539-547.

Parent, L.E., Dafir, E. 1992. A Theoretical Concept of Compositional Nutrient Diagnosis. Journal. American Society Horticulture Science. 117: 239-242.

Pérez, A.J. 1994. Atlas Climático De La Comunidad Valenciana: (1961/1990). Ed(s): Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, Generalitat Valenciana. ISBN: 84-482-0310-0.

Peuke, A.D. 2009. Nutrient Composition of Leaves and Fruit Juice of Grapevine As Affected By Soil and Nitrogen Fertilization. Journal Plant Nutrition Soil Science. 172: 557-564.

oinssot, B., Vandelle, E., Bentejac, M., Adrian, M., Levis, C., Brygoo, Y., Garin, J., Sicilia, F., Coutos-Thevenot, P., Pugin, A. 2003. The Endopolygalacturonase 1 From *Botrytis Cinerea* Activates Grapevine Defense Reactions Unrelated To Its Enzymatic Activity. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 16(6): 553-564.

Porro, D., Stefanini, M., Failla, O., Stringari, G. 1995. Optimal Leaf Sampling Time in Diagnosis of Grapevine Nutritional Status. *Acta Horticulture*. 383: 135-142.

Razeto, B. 2006. Análisis Foliar. In: Bruno Razeto Para Entender La Fruticultura. Cuarta Edición. B. Razeto. Edición Y Comercialización De Libros. Santiago, Chile. 153-157.

Robinson, D.L., Tarpley, M.L. 1986. Dris Proves Useful For Diagnosing Nutrient Deficiencies In Coastal Bermudagrass. *Better Crops Plant Food*. 70: 8-9.

Robinson, J.B. 2005. Critical Plant Tissue Values and Application of Nutritional Standards for Practical Use in Vineyards. In *Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium*. L.P. Christensen and D.R. Smart Ed(s): American Society for Enology and Viticulture, Davis.

Robinson, J.B. 1990. Grapevine Nutrition: An Update. *Aust. Grapegrower and Winemaker*. 323: 9-12.

Roddy, E. 2006. Fertigation Fertilizer Sources. [Www.Omafra.Gov.On.Ca/English/Crops/Hort/News/Vegnews/2006/Vg0406a2.Htm](http://www.Omafra.Gov.On.Ca/English/Crops/Hort/News/Vegnews/2006/Vg0406a2.Htm)

Rodríguez V., Rodríguez, O. 1998a. Hoja De Cálculo De Índices Dris E Ibndris. Material De Apoyo. Curso De Nutrición Mineral. IX Jornadas De Investigación Del Decanato De Agronomía. Ucla. Junio 1998 Barquisimeto. Venezuela. Diskette.

Rodríguez, B. 1996. El Cultivo De La Vid En Las Comarcas del Interior De Galicia: Fertilidad de los Suelos y Estado Nutricional de Las Variedades Autóctonas. Tesis Doctoral. Universidad De Santiago De Compostela.

Rodríguez, O., Rodríguez, V. 1997. Normas Foliares Dris Para El Diagnóstico Nutricional Del Plátano (*Musa Aab Subgrupo Plátano Cv. Hartón*). Revista Facultad Agronomía. 14: 285-296.

Rodríguez, O., Rodríguez, V. 2000. Desarrollo, Determinación e Interpretación de Normas Dris Para El Diagnóstico Nutricional En Plantas. Revista Facultad. Agronomía. 17: 449-470.

Rodríguez, O., Rojas, E., Sumner, M.E. 1997. Valencia Orange Dris Norms for Venezuela. Commun. Soil Science Plant Analysis. 28: 1461-1468.

Rodríguez, V., O. Rodríguez. 1998b. Biometría De La Cepa De Plátano Hartón (*Musa Aab Subgrupo Plátano Cv. Hartón*) Con Rendimientos Superiores A 18 Kilogramos/Racimo, En Venezuela. Revista Facultad Agronomía. Luz. 15: 439-445.

Rodríguez, V., Rodríguez, O. Y Bravo, P. 1999. Índice De Balance De Nutrientes Para La Predicción Del Rendimiento Del Plátano (*Musa Aab Subgrupo Plátano Cv. Hartón*). Revista De La Facultad De Agronomía, Luz. 16: 488-494.

Rodríguez, V., Bautista, D., Rodríguez, O. 1998. Características Biométricas De Una Subpoblación De Plátano Hartón (*Musa Aab Subgrupo Plátano Cv. Hartón*) Con Rendimientos Promedios De 17,4 Kg/Racimo En Venezuela. Resúmenes Xliv Reunión Anual De La Sociedad Interamericana De Horticultura Tropical. Barquisimeto. Venezuela.

Rodríguez, V., Bautista, D., Rodríguez, O., Díaz, L. 1999. Relación Entre El Balance Nutricional Y La Biometría Del Plátano

(Musa Aab Subgrupo Plátano Cv. Hartón) Y Su Efecto Sobre El Rendimiento. Revista Facultad Agronomía. 16: 425-432.

Rodríguez, V., Rodríguez, O., Bravo, P. 1998. Índice De Balance De Nutrientes Dris (Ibn-Dris) Para El Diagnóstico Nutricional Del Plátano (Musa Aab Subgrupo Plátano Cv. Hartón). Xiii Reunión Acorbat Ecuador. 115- 113 .

Rodríguez-Lovelle, B., García-Rodeja, E., 1994. Evolución Estacional De Los Contenidos Foliare De N, P, K, Ca y Mg En La Variedad Godello. Viticultura Enología Profesional. 32: 18-24.

Rolshausen, P.E., Gubler, W.D. 2005. Use of Boron for the Control of Eutypa Dieback of Grapevines. Plant Disease. 89(7).

Romero, I., García-Escudero, E., Martín, I. 2013. Leaf Blade vs. Petiole Analysis for Nutritional Diagnosis of *Vitis Vinifera* L. Cv. Tempranillo. American Journal Enology Viticulture. 64(1): 50-64.

Romero, I., García, C., Villar, M.T., López, D., Ibáñez, S., Arroyo, M.C., Martín-Rueda, I., García-Escudero, E., 2005. Utilización Del Análisis De Limbo Y Pecíolo Para El Diagnóstico Nutricional De La Vid (*Vitis Vinifera* L.) Variedad Tempranillo. En Actas De Las I Jornadas Del Grupo De Fertilización De La Sociedad Española De Ciencias Hortícolas. Actas De Horticultura. C. Ramos, I. Bautista, R. Belda, J.M. De Paz Y Otros (Eds.). Moncada, Valencia. 44: 56-63.

Romero, I., García-Escudero, E., Martín-Rueda, I. 2010. Effects of Leaf Position on Blade and Petiole Mineral Nutrient Concentration of Tempranillo Grapevine (*Vitis Vinifera* L.). American Journal Enology Viticulture. 64: 50-64.

Romero, I., Martín, I., Lorenzo, I., García, C., Villar, M.T., López, D., Ibáñez, S., Arroyo, M.C., García-Escudero, E. 2004. Diagnóstico Nutricional De *Vitis Vinifera* Cv. Tempranillo En La

D.O.Ca. Rioja. Niveles Críticos Preliminares. Zubia Monográfico
16-17: 41-58.

Ruíz, P. 1980. Estadística Aplicada A La Investigación
Agraria. Servicio Publicaciones Ministerio Agricultura. Madrid.

Ruiz, R., Muñoz. I., Massa, M., Pezoa, J. 1991. Niveles
Nutricionales En Hojas Y Pecíolos De Nuevos Cultivares De Vid.
Investigación Y Progreso Agropecuario. La Platina. 68: 7-12.

Saito, K. 2004 Sulfur Assimilation Metabolism. The Long
and Smelling Road. Plant Physiology. 136: 2443-2450.

Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1992. Plant Physiology.
Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, Ca.

Schaller, K. 1988. Assessment of Nutrient Status of
Grapevines by Leaf Analysis in Four P-Fertilization Studies with
Special Regard to the Dris System. Mitteilungen Klosterneuburg
Rebe Und Wein, Obstbau Und Fruchteverwertung, V.38, N.4,
P.151-163, 1988. /Resumo Em Horticultural Abstracts, V.58, N.11.

Schaller, K., Löhnertz, O., Michel, H. 2002. Modified Dris-
System For Leaf Analysis To Optimize Fertilizer Inputs—Further
Developments With Grapevines. Acta Horticulture. 594: 369-375.

Schreiner R.P., Scagel, C.F. 2006. Nutrient Uptake and
Distribution in A Mature “Pinot Noir” Vineyard. Acta
Horticulturae 41(2): 336-345.

Shaulis, N., Kimball, G. 1956. The Sampling OG Small
Fruits For Composition and Nutricional Studies. Proceeding
American Society Horticulture Science. 68: 576-586.

Silva, H, Rodríguez, J. 1995. Diagnóstico Del Estado
Nutricional. Fertilización De Plantaciones Frutales. Colección En
Agricultura, Facultad De Agronomía, Pontificia Universidad
Católica De Chile. Santiago, Chile.

Sipiora, M. 1996. Interpretación Del Estadio Nutricional De Viñedos de Chenin Blanc y Pinot Noir En La Denominación De Origen Somontano Basada En Análisis de Pecíolos y Hojas. *Viticultura Enologia Profesional*. (47): 22-29.

Smart, D.R. 2004. Exposure To Elevated Carbon Dioxide Concentration In The Dark Lowers The Respiration Quotient of Vitiscane Wood. *Tree Physiology*. 24: 115-120.

Sne, M. 2006. Micro Irrigation in Arid and Semi-Arid Regions. Guidelines for Planning and Design. Ed.: S. A. Kulkarni. Icid-Ciid. International Commission on Irrigation and Drainage, Nueva Delhi (India).

Soltanpour, P., Malakouti, M., Ronaghi, A. 1995. Comparison of Diagnosis and Recommendation Integrated System and Nutrient Sufficiency Range for Corn. *Soil Science Society American Journal*. 59: 133-139.

Stringari, G., Porro, D., Failla, O., Möller, F. 1997. A Method To Assess and Manage Leaf Analysis Standards According to Genetic And Environmental Variability. *Acta Horticulture*. 448: 145-153.

Sumner, M.E. 1975. An Evaluation of Beaufile's Physiological Diagnosis Technique for Determining the Nutrient Requirement of Crops. *Soil Science*. University Of Natal. Sur África. 5: 437-446.

Sumner, M.E. 1977. Applications Of Beaufile's Diagnostic Indices To Maize Data Published In The Literature Irrespective Of Age And Conditions. *Plant Soil*. 46: 359-369.

Sumner, M.E. 1977. Effect of Corn Leaf Sampled On N, P, K, Ca, And Mg Content on Calculated Dris Indices. *Commun. Soil Science Plant Analysis*. 8: 269- 280.

Sumner, M.E. 1977a. Preliminary N, P and K Foliar Diagnosis Norms for Soybean. *Agronomy Journal*. 69: 226-230.

Sumner, M.E. 1977b. Preliminary Npk Foliar Diagnostic Norms for Wheat. *Commun. Soil Science Plant Analysis*. 8: 149-167.

Sumner, M.E. 1979. Interpretation of Foliar Analysis for Diagnostic Purposes. *Agronomy Journal*. 71: 343-348.

Sumner, M.E. 1982. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris). En: *Soil and Plant Analysis Seminar. Council on Soil Testing and Plant Analysis, Anaheim, California. (EE.UU.)*. 149-188.

Sumner, M.E. 1987. Field Experimentation. Changing To Meet Current And Future Needs. En: *Soil Testing: Sampling Correlation, Calibration and Interpretation, Sssa. Special Publication 21. Soil Science Society American Inc. Madison, W.I. (EE.UU.)* 119-131

Sumner, M.E. 1990. Advances in the Use and Application of Plant Analysis. *Commun. Soil Science Plant Analysis*. 21: 1409-1430.

Sumner, M.E. 2000. Diagnóstico de los requerimientos de Fertilización de Cultivos Extensivos. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 44: 8-13.

Sumner, M.E. 1978. A New Approach For Predicting Nutrients Needs For Increase Crop Yield. *Fertilizer Soil*. 22: 68-78.

Sumner, M.E. 1977a .Use of the Dris System in Foliar Diagnosis of Crops at High Yield Level. *Communications in Soil Science Plant Analysis, New York*. 8(2): 252-268.

Sumner, M.E., Beaufils, E.R. 1977a. Diagnosis Of The Npk Requirements Of Sugarcane Irrespective Of Plant Age And Season

Using Beaufils System (Dris). Proceedings of South African Sugar Technologists Association, Mounth Edgecombe, (6-7): 1-5.

Tandonnet, J.P., Soyer, J.P., Gaudillère, S., Decroocq, L., Bordenave, Ollat, N. 2008. Long Term Effects of Nitrogen and Water Supply on Conferred Vigour and Yield by So₄ and Riparia Gloire De Montpellier Rootstocks. Journal International Science Vigne Vin. 42: 89-98.

Tecchio, M.A., Moura, M.F., Paioli, E.J., Monteiro, M., Junqueira, L.A., Clayton, R. 2011. Nutrient Levels, Relative Chlorophyll Index and Concentration of Nitrate and Potassium in the Petiole of “Niagara Rosada” Grapevine. Revista Brasileira De Fruticultura. 33(2): 649-659.

Terra, M.M. 2003 Nutrição, Calagem E Adubação. In: Pommer, C.V. Uva: Tecnologia De Produção, Pós-Colheita, Mercado. Ed. Por C.V.Pommer. Porto Alegre: Cinco Continentes. 405-476.

Terra, M.M., Costa, F., Santos, W.R., Dos Pires, E.J.P. 2002. Evaluation of the Nutritional Condition of Italia Grapes (Pirovano 65) At Three Different Development Phases in the Region of Jundiaí, Brazil, In: International Horticultural Congress.

Terra, M.M., Guilherme, M.A.S., Santos, W.R., Dos Pires, E.J.P., Pommer, C.V., Botelho, R.V. 2003. Avaliação Do Estado Nutricional Da Videira ‘Itália’ Na Região De Jales, Sp, Usando O Sistema Integrado de Diagnose E Recomendação. Revista Brasileira De Fruticultura. 25(2): 309-314.

Terra, M.M., Dos Pires, E.J.P., Botelho, R.V. 2005. Os Caminhos Da Viticultura Paulista. Atualidades Agrícolas, São Paulo. 10-12.

Terra, M.M., Dos Pires, E.J.P., Nogueira, N.A.M. 1998. Tecnologia Para A Produção De Uva Itália Na Região Noroeste Do Estado De Assistência Técnica Integral, 81p. (Documento Técnico, 97).

Tonietto J., Carbonneau A. 2004. Multicriteria Climatic Classification System for Grape-Growing Regions Worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*. 124: 81-97.

Tregeagle, J.M., Tisdall, J.M., Blackmore, D, H., Walker, R.R. 2006. A Diminished Capacity for Chloride Exclusion by Grapevine Rootstocks Following Long-Term Saline Irrigation in an Inland versus a Coastal Region of Australia. *Australian Journal of Grape And Wine Research*. 12: 178-191.

Ulrich, A. 1978. Plant Analysis as a Guide in Fertilizing Crops. Pp. 1-4. In: H.M. Reisenauer (Ed.). *Univ. Calif. Div. Agric. Sci. Bull. 1879. Soil and Plant Tissue Testing In California*, Berkeley, California. (EE.UU.).

Ulrich, A. 1948. Plant Analisis. Methods and Interpretation of Results. In: *Diagnostic Techniques for Soils and Crops*. Ed. H.B. Kitchen, Washington. The American Potash Institute. 157-158.

Valdés, A. 1998. Efecto De Los Nutrientes En Vides De Mesa Y Viníferas Desde Prefloración A Cosecha, Con Énfasis En El Nitrógeno. *Aconex* 58: 25-28.

Van Leeuwen, C., Et Seguin, G. 1994: Indices De L'alimentation En Eau De La Vigne, Appréciée Par L'état Hydrique Du Feuillage, Sur Le Développement De L'appareil Végétatif Et La Maturation Du Raisin. *Journal International Des Sciences De La Vigne et Du Vin*. 28(2): 81-110.

Van Zwieten, L., Rust, J., Kingston, T., Merrington, G., Morris, S. 2004. Influence of Copper Fungicide Residues on Occurrence of Earthworms in Avocado Orchard Soils. *Science Total Environmental*. 329: 29-41.

Villalba, D. 1996. Patrones Y Variedades De Cítricos. Sèrie Divulgación Tècnica. 2ª Edición. Generalitat Valenciana.

Volder, A., Smart, D.R., Bloom, A.J., Eissenstat, D.M. 2005. Rapid Decline in Nitrate Uptake and Respiration with Age In fine Lateral Roots of Grape: Implications For Root Efficiency And Competitive Effectiveness.

Walworth, J., Letsch, W.S., Sumner, M.E. 1986. Use of Boundary Lines in Establishing Diagnostic Norms. Soil Science Society American Journal. 50: 123-127.

Walworth, J. 1985. The Development of Diagnostic Soil and Foliar Norms for Alfalfa. Ph. D. Dissertation. University Of Georgia. Athens, Georgia. (EE.UU.).

Walworth, J., Sumner M.E. 1988. Foliar Diagnosis. A Review Advances Plant Nutrition. 3: 139-241.

Walworth, J., Sumner, M.E. 1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris). Advances Soil Sciences. 6: 149-188.

Wang, P., Kinraide, T., Zhou, D., Kopittke, P., Peijnenburg, W. (2011). Plasma Membrane Surface Potential: Dual Effects upon Ion Uptake and Toxicity. Plant Physiology. 155: 808-820.

Weeb, R.A. 1972. Use of the Boundary Line in the Analysis of Biological Data. Journal Horticulture Science. 47: 309-319.

Williams, C.M.J., Maier, N.A., Bartlett, L. 2004. Effect of Molybdenum Foliar Sprays on Yield, Berry Size, Seed Formation, and Petiolar Nutrient Composition of 'Merlot' Grapevines. Journal of Plant Nutrition. 27: 1891-1916.

Wolf, A.M. 1982. An Improved Universal Extracting Solution and Its Use for Diagnosing Soil Fertility. *Commun. Soil Science Plant Analysis*. 13(12): 1005-1033.

Wu, Y. 2007. Bioavailability and Rhizotoxicity of Trace Metals to Pea: Development of a Terrestrial Biotic Ligand Model. Ph.D. Thesis, McGill University, Ottawa, Canada.

Xavier, A.V., Legall, J. 2007. Sulfur Metabolism. In: Bertini I, Gray Hb, Stiefel Ei, Valentine Js (Eds) *Biological Inorganic Chemistry*. University Science Books, Sausalito.

Yanez, J. 1989. Análisis de Suelos y su Interpretación. *Horticultura*. 49: 75-89.

Yermiyahu, U., Ben-Gal, A. 2006. Boron Toxicity in Grape Vine. *Hortscience*. 41(7): 1698-1703.

Zambello, J.E., Orlando, J. 1979. Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris) Applied To Various Sugarcane Tissues. In: Congress of the International Society of Sugarcane Technologists, 17. Manila Proceedings. Manila, the Executive Committee of the Issct. 446-457.

Zapata, C., Déléens, E., Chaillou, S., Magné, C. 2004. Partitioning and Mobilization of Starch and N Reserves in Grapevine (*Vitis Vinifera* L.). *Journal of Plant Physiology*. 161: 1031-1040.

Anexo I





**18th International Symposium
of the
Group of *International* Experts of
vitivincultural Systems for CoOperation**

(GiESCO 2013)

Porto, Portugal

7th – 11th July 2013

PROCEEDINGS / *COMPTES RENDUS*

TOME I

Ciência e Técnica Vitivinícola - ISSN 0254-0223

Modifications in the layout of papers received from Authors have been made to fit the publication format of *Ciência e Técnica Vitivinícola*.

All texts have been reviewed and corrected by the Editorial Review Board, members of the Scientific Committee of GiESCO 2013 and Editors.

We apologize for errors that could have arisen during the editing process despite our careful vigilance.

VALIDATION OF THE DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM (DRIS) IN THE VITICULTURE OF UTIEL-REQUENA REGION.

VALIDATION DU SYSTÈME DE DIAGNOSTIC ET RECOMMANDATION INTÉGRÉE (DRIS) DANS LA VITICULTURE DE LA RÉGION UTIEL-REQUENA.

Giner J.F.*, Alexandre J.L.*, Alexandre-Tudo J.L.*, García S.*, Oltra M.A., Arciniega L.***

*Universidad Politécnica de Valencia (Spain) **Universidad de Alicante (Spain)

SUMMARY

The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) consists of an integrated set of norms representing calibrations of plant tissue composition, soil composition, environmental parameters and farming practices as function of yield of a particular crop. The advantages have been proven efficient as a method for nutritional diagnosis in several crops. The current work has been carried out in the wine-growing area of Utiel-Requena (Valencia, Spain). Three plots belonging to the same owner, with high production yields, appropriate farming practices and big size have been selected in order to minimize possible deviations. Cabernet Sauvignon and Tempranillo cultivars have been tested. Samples were selected from the bud break to the end of the ripening period, each 10 days, and DRIS norms were established for N, P, K, Ca and Mg. Moreover Sufficiency ranges (SR) and DRIS indices were obtained. The results showed the ability of the method to predict vine nutritional status in the Utiel-Requena region with the establishment of the veraison as the best phenological stage to evaluate nutritional status.

RÉSUMÉ

Le système de recommandation et diagnostic intégré (DRIS) se compose d'un ensemble intégré de normes représentant les étalonnages de la composition des tissus végétaux, la composition du sol, les paramètres environnementaux et les pratiques agricoles en fonction du rendement d'une culture particulière. Les avantages ont été prouvés efficaces comme méthode de diagnostic nutritionnel dans plusieurs cultures. Les travaux en cours ont été effectués dans la région viticole de Utiel-Requena (Valence, Espagne). Trois parcelles appartenant au même propriétaire, avec des rendements de production élevés, les pratiques agricoles appropriées et de grand surface ont été choisies afin de minimiser les écarts possibles. Les vignes des cultivars Cabernet Sauvignon et Tempranillo ont été testés. Les échantillons ont été sélectionnés à partir du débourrement à la fin de la période de maturation, tous les 10 jours, et les normes DRIS ont été établis pour N, P, K, Ca et Mg. En outre les intervalles de suffisance (SR) et DRIS ont été obtenus. Les résultats ont montré la capacité de la méthode à prédire l'état nutritionnel de la vigne dans la région de Utiel-Requena avec la véraison comme le meilleur stade phonologique pour évaluer l'état nutritionnel.

Keywords: foliar analysis, DRIS system, wine growing, Utiel-Requena region

Mots-clés: analyse foliaire, le système DRIS, la viticulture, Utiel-Requena région

INTRODUCTION

Wine growing in Utiel-Requena region has been traditionally carried out as a dry farming crop (rainfed) since ancient times. There are scarce references in the literature corresponding to vine nutrition in the area and even less regarding foliar analysis. Foliar analysis is nowadays essential in drip irrigation crops, system generally adopted today in the area (Sanchez, 2008). Mineral analysis of plant tissues as a criterion to establish nutritional status was developed by the French researchers Lagatu y Maume in 1924. Later in 1927 was suggested for the first time the "foliar diagnosis" concept. Foliar diagnosis started a method totally different from what was being done in terms of fertilization. Since then there is a lot of research available in the literature about foliar diagnosis in several crops and specifically in grapevine (Cozzolino et al., 2008) although no references exist related with Utiel-Requena region. Nutritional diagnosis in plants, together with soil analysis could be used as a reference to establish plant nutritional requirements which would be adjusted with fertilizers and amendments. Critical level (CL) has been defined as the value of a specific nutrient with which the plant would be able to reach 80 or 90 % of its maximum yield (Maddoni et al., 2004). The interpretation of the results is

slightly confusing above all if the results are considerably lower or higher than the critical level. The last problem was solved with the introduction of the Sufficiency Range (SR). Sufficiency range is defined as the values between which the plant is able to obtain the maximum yield. In a Sufficiency range (SR) method diagnosis, sample tissue, phenological stage or sampling time must be the same as that used in the development of the sufficiency ranges, therefore sampling is an essential step for better efficiency of these methods. Foliar diagnosis interpretations depend on many factors but it has as a drawback the stiffness of the absolute values in the above mentioned levels. These methods consider the association of isolated concentration values with deficiency or excess, without considering the nutritional balance. Therefore an improvement in the evaluation of the recently diagnosis systems may be the methodology known as DRIS which applies nutrient ratios instead of absolute concentration values for leaf analysis interpretation. The comparison of each relationship with the average relationship of a reference population has been efficient for interpreting foliar analysis results (Alves-Mourao and Azevedo, 2003).

The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) uses the binary relationships among the nutrients making it different from the traditional methods of diagnosis (Costa, 1999). The calculation of DRIS indices depends, initially on the establishment of reference norms. Therefore it is necessary to select a population of high productivity or optimum yield of the required variable or factor (reference population), from the premise that there is a significant relationship between the supply of nutrients and its concentrations in the plants.

Pairs of nutrient ratios are calculated from the data bank of nutrient concentrations and then the mean, the variance and the coefficient of variation of each ratio are calculated. There are two forms of expressions for a pair of nutrients, although in DRIS calculations only one pair is used. The way to select the form of the ratio for a pair of nutrients to be used in DRIS calculation is described by Walworth and Sumner (1987). After the establishment of the DRIS norms, the method proposed by Beaufils (1973) calculates an index for each nutrient that range from negative to positive values. All nutrient indices always sum to zero. Negative DRIS index values indicate that the nutrient level is below optimum, consequently the more negative index, and the more deficient the nutrient. Similarly, a positive DRIS

index indicates that the nutrient level is above the optimum, and the more positive the index, the more excessive the nutrient is relative to normal, and DRIS index equal to zero indicates that the nutrient is at the optimum level. The DRIS also computes an overall index, which is the sum of the absolute values of the nutrient indices, called nutrient balance index (NBI). The smaller the absolute sum of all DRIS indices, the lesser the imbalance among nutrients. Moreover Walworth et al. (1986) developed the Dry Matter Index (DMI), that works as a nutrients indices reference, in a way that replace the zero (zero balance) described previously. Values lower than the DMI means nutrient deficiency while higher values mean excess of the analyzed nutrient. This method is known as Modified DRIS (MDRIS).

The objective of this paper was to establish DRIS methodology in the Utiel-Requena wine growing region taking into consideration the Sufficiency Ranges (SR) and the best time for sampling in order to develop vine nutritional diagnosis.

MATERIALS AND METHODS

Six plots with high production yields, proper farming practices and from varieties with high enological quality such as Cabernet Sauvignon and Tempranillo, grafted on different rootstocks were selected from Utiel-Requena winegrowing area (Valencia, Spain). Sampling

was performed, each 10 days, involving the whole growing season, starting from the blooming (stage L) to the complete ripening period (stage N). Samples were selected since the beginning of June until the beginning of October in 2006 and 2007, so finally samples were selected nine times. 13 vines from each variety were selected, sampling 8 leaves in each vine (2 leaves each cardinal point), so 104 leaves were sampled in each plot. Blades and petioles were separated; therefore 7 samples (6 blade samples and 1 petiole sample) were analyzed in each variety. Finally a total of 254 samples (7 samples x 2 years x 2 varieties x 9 sampling times) were used in the study. Phenological stages were named following the classification proposed by Baggiolini (1994). The samples obtained were previously dried and grounded and the N, P, K, Ca y Mg content were determined, following the official methods proposed by the Spanish government (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAPA, 1994))

The statistic software Statgraphics Plus 5.1 were used in the determination of Sufficiency Ranges (SR) and in the DRIS method development. Analysis of variance (ANOVA) was performed and differences between variables were calculated according to the Tukey test. Moreover the biostatistics database SIGMA was

used in order to facilitate the registration, organization and analysis of the data obtained. The obtained results were grouped in individual sheets. The results were processed with the Excel file developed by Rodríguez and Rodríguez (1998), properly adapted to the vine crop.

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of variance showed no statistical differences in the content of the analyzed nutrients in Cabernet Sauvignon and Tempranillo leaves for 2006 and 2007. Statistical differences appear in Table I for the Calcium and Magnesium leaf concentration for Cabernet Sauvignon samples analyzed in 2007. Despite the results above mentioned the full data range was suitable to be used in the establishment of Sufficiency ranges and in the developments of DRIS norms.

With the aim to establish the best sampling time an analysis of variance was performed in each macronutrient. Not statistical differences in each nutrient between two consecutive sample times mean a stable concentration of the respective nutrient. It is important to find the appropriate sampling time when almost all the determined nutrients show the mentioned stability in order to find the best time to perform the sampling with the aim to obtain the more accurate results in the later nutrient analysis. growing season determines the establishment of the

relationships for DRIS norms calculation.

From the results obtained in the analysis of variance (data not shown) and also in the Figure 1 and 2 we suggest that the best time, i.e. where the nutrient concentration has more stability, for Cabernet Sauvignon is between 1st August-15th August and 15th July-15th

August in Tempranillo samples. Therefore in both varieties the ideal sampling time matches with the phenological stage of the veraison (Romero-Laibarra et al., 2004).

Sufficiency ranges establishment

Table II shows the obtained values used in order to calculate the Sufficiency ranges. A formula based in the mean \pm standard deviation was used with the aim to obtain the ranges within which are located the obtained concentrations for each determined nutrient (Table III).

The results obtained from the DRIS norms for the

Th

TABLE I

ANOVA for the calculated nutrients in relation to variety and year. Mean values (%) of the determined nutrients in the foliar analysis.

ANOVA pour les éléments nutritifs calculés par rapport à la variété et l'année. Valeurs moyennes (%) des nutriments déterminés dans l'analyse foliaire.

Variety	Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Calcium	Magnesium
Tempranillo-06	2,379 a	0,153 a	0,755 a	3,296 a	0,491 a
Cab. Sauvignon-06	2,297 a	0,162 a	0,884 a	3,211 a	0,487 a
Tempranillo-07	2,444 a	0,163 a	0,824 a	3,338 a	0,472 a
Cab. Sauvignon-07	2,375 a	0,149 a	0,731 a	3,621 b	0,540 b

Same letters within the same column means statistical differences at 95 % according to the Tuckey test.

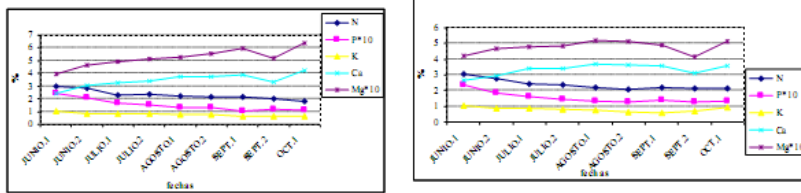


Figure 1. Macronutrient evolutions in Cabernet Sauvignon (left) and Tempranillo (right) samples

Evolution des macronutriments dans les échantillons de Cabernet Sauvignon et Tempranillo

The results presented in the Figure 1 and 2 show a downward trend for the nutrients Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K). These nutrients showed the higher values at the beginning of the growing season and a decrease through the end of the cycle in

middle October. Otherwise Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) owns an upward trend. The nutrient concentration behavior during the analyzed nutrients and selected ratios appear in Table IV. Ratios were selected based on the lower variation coefficient (CV), with

means lower dispersion and therefore values closer to the mean. Following the instructions proposed by Sumner (1987) is recommended to use quotient ratios in the nutrients which concentration levels in the leaves own the same tendency with the age, and to use the product ratios when the pair of nutrient evolves differently through the age. Sampling was realized at the phenological stage of the veraison and the results were compared with the data obtained from the full growing season (Table II)

Figure 2 shows DRIS bar graph (DRIS indices) for the phenological stage of the veraison (M). The results obtained show that only the Calcium concentration appears as deficient, while Nitrogen, Phosphorus and Potassium appear with excessive concentrations. Magnesium is the only macronutrient that appears balanced compared with the dry matter index (DM). The results developed here indicate that DRIS methodology is suitable to be used accurately in nutrient status diagnosis.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge FERTIBERIA SA for funding and supplying in the development of this study included in the SIDDRA project.

REFERENCES

Alves Mourao F. and Azevedo J.C., 2003. DRIS Norms for "Valencia" sweet orange on three rootstocks. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia*, **38**, 85-93.

Beaufils E.R., 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Science*, **1**, 1-132. University of Natal. South Africa.

Costa A.N., 1999. Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). *Boletim Informativo de Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo*, **24**, 13-15.

Cozzolino, D., Kwiatkowski, M.J., Damberg, R.G., Cynkar, W.U., Janik, L.J., Skouroumounis, G., & Gishen, M. (2008). Analysis of elements in wine using near infrared spectroscopy and partial least squares regression. *Talanta*, **74**, 711-716.

Maddoni G., Ruiz R., Vilarioni P. and Garcia de Salamote I., 2004. *Fertilización en los cultivos para grano*. Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina: 501-557.

Ministerio de Agricultura pesca y alimentación. Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Suelos, aguas, fertilizantes y plantas. MAPA. 1994.

Rodriguez V. and Rogriguez, O., 1998. Biometria de la cepa de platano Hartón (Musa AAB subgrupo platano cv. Hartón), con rendimientos superiores a 18 kg/racimo en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. LUZ*, **15**, 439-445.

Romero-Laibarra I., Martin-Rueda I., Lorenzo-Iñigo I., GarciaOliveras C., Villar-Rubio M.T., Lopez-Llaria D., Ibañez-Pascual S., Arroyo de Grandes M.C., García-Escudero E., 2004. Diagnostico Nutricional de *Vitis vinifera* cv. Tempranillo en la D.O.Ca. Rioja. Niveles Críticos Preliminares. *Zubia Monográfico* **16-17**, 41-58.

Sánchez, N., 2008. *Influencia de diferentes factores agrológicos y tecnológicos sobre la mejora de la calidad de los vinos tintos de Bobal*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.

Sumner M.E., 1987. Field experimentation. Changing to meet current and future needs,

119-131. In Soil testing. Sampling correlation, calibration and interpretation, SSSA, Special Publication 21. *Sol. Sci. Soc. Am. Inc.* Madison, WI, USA.

Walworth J.L., Sumner M.E., Isaac R.A., Plank C.O., 1986. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the southeastern United States

and comparison with the Midwest norms. *Agronomy Journal, Madison*, **78**, 1046-1052

Walworth J.L. and Sumner M.E., 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advances in Soil Sciences*, **6**, 149-188.

TABLE II

Values obtained for the establishment of the Sufficiency ranges (full data set)

Valeurs obtenues pour l'établissement des intervalles de suffisance

Variable	Mean	Standard D.	Size	Minimum	Maximum	S. Error
Nitrogen	2,388	0,394	252	1,39	4,62	0,01879
Phosphorus	0,155	0,046	252	0,05	0,38	0,00224
Potassium	0,787	0,271	252	0,24	2,02	0,01295
Calcium	3,385	0,608	252	1,93	5,29	0,02902
Magnesium	0,497	0,169	252	0,2	1,09	0,00806

TABLE III

Sufficiency range values for the determined nutrients

Valeurs des intervalles de suffisance pour les éléments nutritifs déterminés

NUTRIENT	DEFICIEN	LOW	ADEQUATE	HIGH	EXCESSIV
Nitrogen	< 1,600	1,600 – 1,994	1,994 – 2,782	2,782 -3,176	> 3,176
Phosphorus	< 0,063	0,063 - 0,109	0,109 – 0,201	0,201 -0,247	> 0,247
Potassium	< 0,245	0,245 – 0,516	0,516 -1,058	1,058 – 1,329	> 1,329
Calcium	< 2,169	2,169 -2,777	2,777 – 3,993	3,993 – 4,601	> 4,601
Magnesium	< 0,159	0,159 – 0,328	0,328 – 0,666	0,666 – 0,835	> 0,835

DRIS method establishment

TABLE IV

DRIS norms establishment. Calculated functions for macronutrients and selected ratios.
 DRIS normes établissement. Calcule des fonctions pour les macronutriments et les ratios sélectionnés.

	MEAN	STANDARD DEVIATION	SAMPLE	FUNCTION
N	2,388	0,394	2,92	13,5
P	0,155	0,046	0,214	12,83
K	0,785	0,271	0,938	5,65
Ca	3,385	0,608	2,77	-10,12
Mg	0,497	0,169	0,438	-3,49
N/P	16,087	3,29	13,645	-7,42
N/K	3,366	1,156	3,113	-2,19
K/P	5,191	1,606	4,383	-5,03
Ca/Mg	7,399	2,178	6,324	-4,93
CaxN	7,97	1,423	8,088	0,83
MgxN	1,177	0,414	1,279	2,46
CaxP	0,514	0,136	0,593	5,79
MgxP	0,077	0,035	0,094	4,78
KxCa	2,595	0,827	2,598	0,04
KxMg	0,386	0,197	0,411	1,26

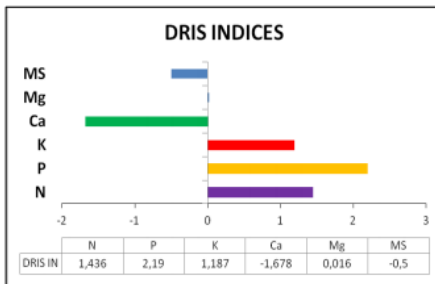


Figure 2. DRIS bar graph for the phenological stage of the veraison

Graphique à barres DRIS pour le stade phénologique de la véraison

