



## APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE REGRESIÓN PARA CARACTERIZAR Y MODELIZAR LA MADURACIÓN DE LA VARIEDAD LISTÁN NEGRO EN ESPAÑA.

### RIPENING CHARACTERIZATION AND MODELLING OF LISTAN NEGRO GRAPE IN SPAIN USING A REGRESSION ANALYSIS.

*Luis A. González Mendoza*

---

Palabras clave: Uva, Listán Negro, Maduración, Análisis de regresión  
Key Words: Grape, "Listán Negro", Ripening, Regression Analysis

---

#### RESUMEN

Se han estudiado las pautas de comportamiento de diferentes parámetros Físico-Químicos a lo largo de la maduración en la variedad de uva Listán Negro (*Vitis vinifera*) durante cinco años en la comarca Tacoronte-Acentejo, España. La evolución temporal de cada parámetro ha permitido encontrar curva evolutivas cuyo patrón de comportamiento describe rectas de pendientes similares. De acuerdo con esto, se han encontrado ecuaciones que permiten estimar con una fiabilidad superior al 90% el valor de cada uno de los parámetros tradicionales en cualquier momento y establecer el tiempo necesario para que el mismo tenga el valor deseado de forma rápida y sencilla.

#### ABSTRACT

The behaviour of different physicochemical parameters during the "Listán Negro" grape ripening has been studied in a Tacoronte-Acentejo vineyard for five years.

The evolution of all the parameters studied can be described by straight lines of similar slope. According to this, mathematical equations, with more than a 90% reliability have been found and they permit to predict the optimum harvest date and the value of these traditional parameters at any time in a very fast and simple way.

#### INTRODUCCIÓN

Usualmente el profesional del sector del vino selecciona la fecha de la vendimia atendiendo a numerosos factores que, en la actualidad, han quedado obsoletos, tal es el caso del color de la cepa y la baya, el sabor, es aspecto, la elasticidad del grano, etc. Otros atienden al clima o incluso a la disponibilidad de mano de obra cualificada, en definitiva es el azar el que determinaba la calidad del vino, ya que esta depende de la calidad de la materia prima.

Con el fin de paliar los posibles efectos negativos de estas prácticas, el objetivo de este estudio se fundamentó en la obtención de ecuaciones matemáticas simples que caracterizaran la maduración de la variedad de uva más abundante en la Denominación de Origen Tacoronte-Acentejo con el fin de proporcionar al bodeguero y enólogo un instrumento sencillo para predecir tanto el momento óptimo de la vendimia como conocer el valor de cada uno de los parámetros tradicionales con respecto al tiempo.

## MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó durante las temporadas 1994-1998, en el periodo que abarca desde el envero a la maduración, siendo semanal la frecuencia de muestreo. Se tomaron del orden de 10 granos por cepa, de un total de 50 cepas previamente seleccionadas por personal cualificado perteneciente al Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de La Laguna (U.L.L.) en viñedos situados en diferentes puntos de la comarca vitícola (Tabla 1).

Las uvas eran transportadas al laboratorio en bolsas plásticas de cierre hermético y en contenedores isotermos a baja temperatura para evitar la aparición prematura de reacciones de fermentación. Una vez en el laboratorio y tras preparar la muestra para la obtención del mosto se le realizaron múltiples análisis, la preparación de la muestra consistió en un ligero picado-licuado y posterior centrifugado a 4000 rpm para obtener el mosto clarificado, al cual se le practican los siguientes análisis físico-químicos: peso de cien bayas, peso total de la muestra, volumen total, rendimiento en mosto, contenido en azúcares, grado alcohólico probable, pH, acidez total, ácido tartárico, ácido málico, aromas libres y enlazados, cationes sodio, potasio, hierro y cobre, parámetros indicadores del color, antocianos libres, índice de polifenoles totales e intensidad colorante, de los cuales sólo tres han sido utilizados en esta experiencia, el contenido en azúcares, expresado en grado alcohólico probable (T.S.), el pH y la Acidez Total (A.T.) (gramos de ácido tartárico/litro) analizados usando los Métodos Oficiales de Análisis (M.O.A.).

El análisis de regresión simple se efectuó usando la hoja de cálculo del programa Microsoft Excel.

**Tabla 1. Altitud de las Bodegas que participaron en el estudio.**

Bodega	Altitud (m)
Domínguez	500
El Pastel	600
El Lomo	400
El Pastel	600
Monje	600

## RESULTADOS

Tras la observación sistemática de las curvas de maduración se detectan tendencias evolutivas similares en los parámetros de mayor importancia enológica, tales son el grado alcohólico probable, el pH y la acidez total. Esta tendencia ha sido estudiada asemejando la curva de comportamiento a una recta, obteniendo así la pendiente y la ordenada en el origen y el coeficiente de correlación  $r^2$  en cada caso.

Las ecuaciones obtenidas son del tipo:

$$y = a + b x$$



Donde “y” representa el valor del parámetro físico-químico estudiado y “x” el día desde el envero. La ordenada en el origen “a” será por tanto el valor del parámetro estudiado en el momento de la toma de la primera muestra, o lo que es lo mismo, en el envero. La pendiente “b” indica el incremento diario del parámetro estudiado. El coeficiente de regresión obtenido en cada caso,  $r^2$ , supera las previsiones.

Bibliográficamente se han encontrado valores de  $r^2$  que oscilan entre 0,67 y 0,94 para el grado alcohólico probable y en torno a 0,72 para la acidez total en las variedades Bacchus, Perla de Csaba, Schönburger y Siegerrebe (Reynolds y cols., 1995) y 0,81 para el pH en las variedades Moscatel, Riesling y Gewütraminer (Macaulay y col., 1993).

Así, conociendo la ecuación de predicción para cada parámetro, el bodeguero podrá saber en cada momento el estado de madurez de su cosecha. Del mismo modo podrá saber el tiempo que falta para alcanzar el valor deseado de cada parámetro analítico y por tanto, la fecha óptima para la vendimia.

Una vez obtenida la curva evolutiva de cada parámetro (Fig 1- Fig 12) se pudo comprobar que en efecto, la tendencia anual era muy similar, así se obtuvo una media de cada punto a la que se denominó “media” y se trazó su línea de tendencia. En las Tablas 2 a 4 se muestran las ecuaciones de las rectas de tendencia de cada parámetro en cada bodega y año, así como el coeficiente de regresión. En la Tabla 5 las medias para cada bodega.

**Tabla 2. Rectas de tendencia y coeficientes de regresión para el grado alcohólico probable en la cepa Listán Negro.**

Bodega	Temporada	Recta de tendencia	Coefficiente de regresión $r^2$
Monje	1994	$Y = 0,1419 X + 5,4132$	0,9616
	1995	$Y = 0,1220 X + 9,4878$	0,8283
	1996	$Y = 0,1365 X + 7,2859$	0,9808
	1997	$Y = 0,1403 X + 6,0120$	0,9270
	1998	$Y = 0,1135 X + 7,4950$	0,9643
Dominguez	1995	$Y = 0,1332 X + 7,6587$	0,8987
	1996	$Y = 0,1170 X + 7,8507$	0,9876
	1997	$Y = 0,1068 X + 8,4557$	0,9404
	1998	$Y = 0,1068 X + 9,2108$	0,9853
El Pastel	1995	$Y = 0,1552 X + 7,9632$	0,9639
	1996	$Y = 0,1440 X + 4,7218$	0,9515
	1997	$Y = 0,1288 X + 6,7060$	0,9862
El Lomo	1995	$Y = 0,0657 X + 8,4960$	0,9716
	1996	$Y = 0,0600 X + 0,8440$	0,9517
	1997	$Y = 0,0982 X + 8,4847$	0,9077
	1998	$Y = 0,2162 X + 6,5310$	0,9044

**Tabla 3. Rectas de tendencia y coeficientes de regresión para el pH en la cepa Listán Negro.**

<i>Bodega</i>	<i>Temporada</i>	<i>Recta de tendencia</i>	<i>Coefficiente de regresión r<sup>2</sup></i>
Monje	1994	Y= 0,0200 X + 2,8446	0,9160
	1995	Y= 0,0125 X + 3,1344	0,6196
	1996	Y= 0,0136 X + 3,0399	0,9833
	1997	Y= 0,0142 X + 2,8789	0,9173
	1998	Y= 0,0184 X + 2,8297	0,8415
Dominguez	1995	Y= 0,0123 X + 3,1762	0,9518
	1996	Y= 0,0084 X + 3,3009	0,9777
	1997	Y= 0,0099 X + 3,3707	0,8733
	1998	Y= 0,0101 X + 3,4049	0,8838
El Pastel	1995	Y= 0,0105 X + 3,0702	0,9177
	1996	Y= 0,0080 X + 2,8505	0,9521
	1997	Y= 0,0100 X + 2,9022	0,9509
El Lomo	1995	Y= 0,0074 X + 3,3104	0,6500
	1996	Y= 0,0084 X + 3,4738	0,7657
	1997	Y= 0,0086 X + 3,2693	0,8419
	1998	Y= 0,0056 X + 3,4738	0,9838

**Tabla 4. Rectas de tendencia y coeficientes de regresión para la acidez total en la cepa Listán Negro.**

<i>Bodega</i>	<i>Temporada</i>	<i>Recta de tendencia</i>	<i>Coefficiente de regresión r<sup>2</sup></i>
Monje	1994	Y= -0,2893 X + 14,718	0,8709
	1995	Y= -0,2055 X + 11,062	0,8944
	1996	Y= -0,3153 X + 14,094	0,9880
	1997	Y= -0,3004 X + 17,301	0,9290
	1998	Y= -0,2270 X + 13,662	0,8191
Dominguez	1995	Y= -0,1380 X + 10,994	0,6000
	1996	Y= -0,1303 X + 10,045	0,9785
	1997	Y= -0,1180 X + 9,4750	0,9662
	1998	Y= -0,0330 X + 5,1369	0,9772
El Pastel	1995	Y= -0,1822 X + 11,734	0,9024
	1996	Y= -0,3731 X + 25,099	0,9313
	1997	Y= -0,3731 X + 15,406	0,9602
El Lomo	1995	Y= -0,0591 X + 6,6091	0,9394
	1996	Y= -0,0892 X + 7,5344	0,9289
	1997	Y= -0,0550 X + 7,7358	0,9791
	1998	Y= -0,0505 X + 6,1009	0,9985

La pendiente de las curvas evolutivas correspondientes al grado alcohólico probable de la cepa Listán Negro se encuentra en torno a 0,12. En cuanto al pH, encontramos valores de 0,01. En relación con La acidez total se encuentran mayores variaciones entre bodegas, no así entre añadas para la misma bodega. Así, la predicción se cumplirá dando el valor de la pendiente para cada una de las bodegas. Aún así podría estimarse una media general para la comarca.



**Tabla 5. Valores medios de las pendientes de las curvas de maduración de los parámetros analíticos grado alcohólico probable, pH y acidez total durante los años de estudio.**

Bodega	°Alcohólico probable	PH	Acidez Total
Domínguez	0,116	0,010	-0,105
El Pastel	0,143	0,010	-0,263
El Lomo	0,110	0,008	-0,051
Monje	0,131	0,016	-0,277

El grado alcohólico probable es uno de los únicos parámetros que controla con facilidad el bodeguero. Es por ello por lo que de éste depende actualmente la fecha de la vendimia, ya que es el criterio del bodeguero el que determina con que graduación a de realizarse. En general, se puede afirmar, a la vista de los resultados obtenidos, que la tendencia evolutiva de este parámetro a lo largo de la maduración es marcadamente ascendente en todos los casos (*Ramos y cols., 1997; Rojas-Lara y col., 1989*), describiendo curvas de pendiente muy similar. A medida que el fruto madura se va enriqueciendo el contenido en azúcares que aumentan progresivamente. Las bayas suelen pasar de un contenido en azúcares de 10 g/l a 200 g/l en espacio de tiempo de mes y medio, lo cual implica un crecimiento medio de 5g/l cada día, siendo la concentración máxima de azúcares en la baya una característica varietal (*Martínez de Toda, 1990*). Las ligeras fluctuaciones que pueden observarse en las curvas de evolución de este parámetro se deben principalmente a cambios en los niveles hídricos de la planta producidos por aporte de agua externo ya sea de lluvia o por riego (*Ramos y cols., 1997*). Estos descensos en la concentración de azúcares no son persistentes, ya que en pocos días se alcanza de nuevo la concentración correspondiente a dicho momento sin verse afectada la tendencia de evolución ascendente. Se observa que aquellas bodegas situadas a mayor altitud poseen curvas de evolución con valores de las pendientes mucho más elevadas, tal es el caso que nos ocupa.

En el momento de la vendimia la variedad Listán Negro alcanza valores que oscilan entre los 11 y 14 grados, siendo lo más frecuente los 12-13 grados.

El estudio pormenorizado del pH muestra, en general, valores altos respecto a los deseables para iniciar una vinificación (*Ribereau-Gayon, y cols., 1976; Pardo, 1995*). Así mismo la evolución temporal del pH presenta curvas con una suave tendencia ascendente y muy amortiguada (*Bledsoe y cols., 1988; Reynolds y cols., 1995; Ramos y cols., 1997*) cuyo comportamiento es generalizado a lo largo de todos los años estudiados.

En la variedad Listán Negro, el pH suele encontrarse alrededor de 3 en el momento del envero, siendo casos excepcionales los que se encuentren por debajo de este valor. Tal es el caso de bodegas El Pastel, que es una de las que se sitúa a mayor altitud (600 m sobre el nivel del mar). Los valores de pH en momento de la vendimia alcanzan el promedio de 3,6, aunque en algunos casos pueden superar el valor de 3,8.

Aunque para la mayoría de las bodegas las curvas de evolución son amortiguadas, sin embargo se registran en algunas curvas fluctuaciones siempre descendentes que podrían ser debidas al aporte de agua externo, como se observa en el estudio de la meteorología de la zona.

En general puede afirmarse que el pH en la variedad Listán Negro es un parámetro que evoluciona uniformemente, que se ve poco afectado por los agentes externos y que es característico de esta variedad tinta, oscilando sus valores desde 2,9-3 en el envero a 3,6 en vendimia (ambos como término medio).

La acidez total presenta una evolución descendente en correspondencia al ascenso del pH durante la maduración de la uva. Esto se debe a la desaparición de los dos ácidos que constituyen el 90% de la acidez total de la baya, que son el tartárico y el málico. El primero desaparece por efecto de la respiración celular (*Ruffner, 1982a y 1982b*) mientras que el segundo desaparece por la reducción de la síntesis de malato combinada con la degradación del mismo a causa de la temperatura (*Ruffner y cols, 1983*). A medida que la uva madura va perdiendo el carácter ácido que predomina antes del envero, a partir de éste, como se observa en las curvas de evolución, el descenso en la concentración del contenido ácido es muy acusado al principio y bastante estabilizado después (*Ramos y col., 1997*). Por otra parte en dichas curvas puede comprobarse que aún partiendo de valores de acidez diferentes en envero se alcanzan en la vendimia niveles muy similares que rondan una media de 4,5 g/l. Se trata de niveles bajos en comparación a otras variedades encontradas en bibliografía (*Reynolds y col., 1995; Reynolds y col., 1996*).

En definitiva, se han encontrado rectas de regresión que permiten el cálculo de la fecha de la vendimia para el grado alcohólico probable determinado con pendientes de 0,12 °Alcohólico/día para viñedos con altitud igual o superior a 500m. Así mismo se ha establecido una relación lineal del pH con los días hasta vendimia que depende de la altitud del viñedo, y una regresión similar para la acidez total con el tiempo para cada bodega.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bledsoe, W.M.; Kliewer, W.M.; Marois, J.J. "Effects of Timing and Severity of Leaf Removal on Yield and Fruit Composition of Sauvignon blanc Grapevines", *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 39, No. 1, pp. 49-54, 1988.
- Macaulay, L.E.; Morris, J.R. "Influence of cluster Exposure and Winemaking Processes on Monoterpenes and Wine Olfactory Evaluation of Golden Muscat", *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 44, No. 2, pp. 198-204, 1993.
- Martínez de Toda, F. "Biología de la Vid. Fundamentos Biológicos de la Viticultura", Ediciones Mundi-Prensa, 1991.
- Métodos Oficiales de Análisis (Tomo II. Vinos), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986.
- Pardo, F. "Contribución a la mejora de la vinificación y calidad de vinos tintos de Monastrell en la D.O. Jumilla", Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, 1995.



- Ramos, J.M.; Pardo, F.; Artés, F. "Estudio de maduración sobre *vitis vinifera* L., variedad monastrell, en la D.O. Jumilla 1995", La Semana Vitivinícola, No.2649, pp. 1586-1594, 1997.
- Reynolds, A.G.; Wardle, D.A.; Hall, J.W.; Dever, M. "Fruit Maturation of Four *vitis vinifera* Cultivars in Response to Vineyard Location and Basal Leaf Removal", Am. J. Enol. Vitic., Vol. 46, No. 4, pp. 542-558, 1995.
- Reynolds, A.G.; Wardle, D.A.; Naylor, A.P. "Impact of Training System, Vine Spacing, and Basal Leaf Removal on Riesling. Vine Performance, Berry Composition, Canopy Microclimate, and Vineyard Labor Requirements", Am. J. Enol. Vitic., Vol. 47, No. 1, pp. 63-76, 1996.
- Ribéreau-Gayon, J.; Peynaud, E.; Ribéreau-Gayon, P.; Sudraud, P. "Traité d'Oenologie Sciences et Techniques du vin", Tomo III. Ed. Dunod. París, 1976.
- Rojas-Lara, B. A.; Morrison, J. "Differential Effects of Shading fruit or foliage on the development and composition of grape berries", Vitis, No. 28, pp. 199-208, 1989.
- Ruffner, H.P. "Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*: a review", Part A, Vitis, 21, pp. 247-259, 1982a.
- Ruffner, H.P. "Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*: a review", Part B, Vitis, 21, pp. 346-358, 1982b.
- Ruffner, H.P.; Brem, S.; Rast, D.M. "Pathway of photosynthetic malate formation in *Vitis vinifera*, a C<sub>3</sub> plant", Plant Physiology, No. 73, pp. 582-585, 1983.