

Aplicación de técnicas de muestreo probabilístico para estimar la calidad del mosto de uvas tintas

Sampling probabilistic vineyards of tint grapes to estimate the quality of the must

Joaquín Llera ¹, Nora Martinengo ¹, Hugo Galiotti ²

Originales: *Recepción:* 14/12/2015 - *Aceptación:* 09/06/2016

Nota científica

RESUMEN

El objetivo es definir un criterio de muestreo probabilístico para la obtención de unidades de muestreo y de análisis que permitan estimar los parámetros de la composición fisicoquímica de las uvas. Se aplican tres estrategias de muestreo: una es muestrear n plantas y cosechar todas sus uvas, y otras dos surgen de muestreos bietápicos para obtener muestras compuestas de 100 bayas y de 10 racimos. Para cada estrategia se determina su precisión y exactitud en las estimaciones del contenido azucarino, pH y acidez total, del mosto proveniente de la cosecha total de las parcelas muestreadas, los cuales fueron considerados los parámetros a estimar. La mayor exactitud se obtuvo con la estrategia de seleccionar en una primera etapa plantas, a través de un muestreo sistemático con arranque aleatorio, y posteriormente submuestrear 100 bayas con un procedimiento prefijado. El análisis de la varianza, fue significativo ($p < 0,05$) al comparar los contenidos azucarinos y pH entre plantas. Al diseñar un plan de muestreo en viñedos para estimar la calidad enológica del futuro mosto a obtener y con el objeto de mejorar su eficiencia, es necesario elegir un método que sea abarcativo a la totalidad del mismo. Para disminuir el sesgo al estimar el contenido azucarino, se propone un factor de corrección de $0,94^\circ$ Brix.

Palabras clave

muestreo • vid • mosto de uva • calidad • estimación

1 Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Dpto. de Biomatemática y Fisicoquímica. Alte Brown 500. C. P. M5528AHB. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. jllera@fca.uncu.edu.ar

2 Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Producción Agropecuaria.

ABSTRACT

The aim is to define criteria for obtaining probability sampling unit sampling and analysis to estimate the parameters of the physico-chemical composition of grapes. Three sampling strategies are applied: one is to sample n plants and harvest all their grapes, and two others arise from two-stage sampling for 100 composite samples of 10 berries and grapes. For each strategy, precision and accuracy is determined estimates of sugar content, pH and total acidity of the juice from the total harvest of the sampled plots, which were considered the parameters to be estimated. The greatest accuracy was obtained with the strategy of selecting plants at an early stage, through systematic sampling with random start, and then subsample 100 berries with a predetermined procedure. The analysis of variance was significant ($p < 0.05$) when comparing azucarinos content and pH between plants. When designing a sampling plan in vineyards to estimate the oenological quality of the future must obtain and in order to improve efficiency, it need to choose a method that is encompassing the whole of it. To minimize bias in estimating the sugar content, a correction factor of 0.94° Brix is proposed.

Keywords

sampling • grapes • grape must • quality • valuation

INTRODUCCIÓN

Determinar el momento adecuado para la cosecha de las uvas es una dificultad que debe enfrentar todo vitivinicultor, ya que el proceso de maduración tiene una relación directa con la calidad del mosto a obtener (1).

Para conseguir muestras representativas, se recomienda recorrer y muestrear en su totalidad el área a cosechar, teniendo en cuenta que si se encuentran diferencias topográficas, de textura de suelo, efectos de granizo, se deberá estratificar en tantos sectores como diferencias existan. En todos los casos se propone no tomar parcelas que superen las dos hectáreas aunque estas fueran uniformes (2).

Por otra parte, los contenidos de azúcares, ácidos y polifenoles de las uvas presentan diferencias según sea la posición de estas en la planta. El examen visual de los racimos en el momento de la

cosecha muestra que el color de las bayas cambia mucho en función de la posición en el racimo (1).

Se ha demostrado que existen diferencias, en los contenidos de antocianinas y taninos analizando baya por baya, entre las más expuestas al sol y las que no lo están (1).

La recolección de muestras de racimos es una parte esencial en el avalúo vitivinícola y debe representar a la parcela entera de vid (8), por lo tanto es importante que la metodología de muestreo evite sesgos atribuidos a la subjetividad, tal el caso de la selección de racimos grandes (11).

Desde el punto de vista estadístico, cada cuartel o parcela es una población objetivo con elementos que la componen y que se denominan unidades de muestreo. Por lo tanto como primer paso en un muestreo,

es necesario tener un marco o listado completo de las plantas del viñedo que conformarán la población objetivo (7).

Según lo indicado por Blouin y Guimberteau (2004), es conveniente desechar las plantas ubicadas en las dos primeras y dos últimas hileras de la parcela, como también el primer y último claro (4 a 6 plantas) de cada hilera. Esto se debe a que las plantas ubicadas en los extremos de las parcelas, reciben mejores condiciones de luminosidad, aireación y riego, por lo tanto son diferentes al resto del cultivo. A este conjunto de plantas desechadas se le denomina "bordura". Un marco será más adecuado cuando mejor cubra la población objetivo, es decir, cuando menor sea el error de cobertura (6). Esta organización es necesaria para diseñar el muestreo, de manera tal, que todas las unidades tengan igual probabilidad de ser seleccionadas (muestreo aleatorio simple).

Una técnica de muestreo utilizada en frutales es el muestreo sistemático con arranque aleatorio que consiste en dividir a la población de N elementos en k subpoblaciones, donde de cada una de ellas se selecciona una unidad. Si se desea seleccionar una muestra de n elementos, entonces la cantidad de subpoblaciones serán $k = N/n$ (3).

El primer elemento se selecciona al azar entre 1 y k en la primera subpoblación y a este elemento (i) se le denomina arranque aleatorio.

En la segunda subpoblación el elemento a seleccionar será el que se ubique en un sentido de marcha a $i+k$ elementos del primero; el tercer elemento seleccionado será el ubicado a $i+2k$ del primero. Este sistema de selección se sigue aplicando hasta cubrir las k subpoblaciones. Blouin y Guimberteau (2004), sugieren seleccionar entre 100 a 200 puntos de muestreo o plantas,

aplicando un muestreo sistemático con arranque aleatorio, quedando por definir la metodología para obtener las unidades analíticas donde se realizarán las determinaciones de interés. Una metodología sería: en cada planta, seleccionada por muestreo sistemático, cosechar todas sus uvas y obtener un jugo donde determinar el estado fisicoquímico.

Al usar n plantas, se obtendrían n jugos y así se contaría con n determinaciones de las características fisicoquímicas, con las cuales estimar los valores de los parámetros. Este procedimiento trae, en la práctica, el inconveniente de tener que cosechar plantas completas para realizar las determinaciones analíticas de su calidad enológica (5).

Otra metodología sería, en una primera etapa, seleccionar las plantas de la parcela mediante un muestreo sistemático y luego submuestrear, con un criterio prefijado, racimos de cada una de ellas (8, 9). Este muestreo en dos etapas (bietápico) implica la extracción de una cantidad total de racimos, en la parcela, que debería ser superior a 20, ya que cantidades menores llevan a resultados imprecisos (1).

Puesto que todos los racimos seleccionados en el muestreo bietápico, son conjuntamente estrujados para obtener el jugo donde se realizan las determinaciones físico-químicas, para calcular promedios y varianzas de dichas determinaciones, es necesario repetir el muestreo bietápico varias veces. Una tercera alternativa sería en una primera etapa seleccionar las plantas mediante un muestreo sistemático y luego, en una segunda etapa, submuestrear racimos y de estos submuestrear bayas (10).

Blouin y Guimberteau (2004), sugieren extraer entre 1 a 4 bayas de cada racimo seleccionado. Con el total de bayas extraídas se obtiene un jugo donde realizar las determinaciones.

Al igual que en la alternativa de submuestrear racimos, para estimar medias y varianzas, debe repetirse el muestreo con igual metodología.

Estas alternativas del diseño del muestreo definen la obtención de unidades analíticas donde realizar las determinaciones de la calidad de las uvas de la parcela. La precisión y exactitud en las estimaciones de las características del mosto de las uvas de la parcela, dependerán de la alternativa fijada en el diseño del muestreo. Los resultados podrían ser usados al definir criterios para el diseño de un plan de muestreo probabilístico en viñedos (4).

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante las vendimias de los años 2005 y 2006, se trabajó en cuatro parcelas de la variedad Malbec con sistemas de conducción vertical "espaldero alto". Con el objeto de conocer los valores reales de las características físico-químicas del mosto obtenido de cada parcela, las cosechas fueron procesadas por separado: cada tanque de fermentación en bodega estaba asociado a la cosecha de una única parcela.

Se identificó la primera parcela como:

- I) Parcela Facultad de Ciencias Agrarias y las otras tres en la empresa Bodega Hacienda del Plata, que fueron:
- II) Sector Sur,
- III) Sector Norte y
- IV) Sector Este.

Todas ellas ubicadas en el Departamento de Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

En cada parcela se aplicó un muestreo sistemático con arranque aleatorio tomando como unidad de muestreo a una planta de vid y se ensayó tres criterios de selección.

El primero consistió en seleccionar $n = 20$ plantas al azar; que fueron cosechadas individualmente.

Las uvas de cada planta fueron estrujadas y en el jugo resultante de cada planta se realizó las determinaciones de pH, acidez y contenido de azúcar; se obtuvo 20 determinaciones para cada variable.

Como segundo criterio se seleccionó $n = 50$ plantas y posteriormente en una segunda etapa se submuestrearon dos bayas de cada planta, obteniéndose un total de 100 bayas con las que se obtuvo el jugo para las determinaciones físico-químicas.

La metodología del submuestreo aseguró la obtención de bayas ubicadas en diferentes posiciones dentro de las plantas.

Las 100 bayas obtenidas conformaban una unidad de análisis por lo que para estimar el promedio de cada variable físico-química y obtener la precisión de las estimaciones, el procedimiento de muestreo se repitió 6 veces ($r = 6$).

Se trabajó con 6 unidades analíticas compuestas de 100 bayas cada una.

En el tercer criterio se seleccionó $n = 10$ plantas y en una segunda etapa se submuestreó un racimo de cada una, siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de extracción de bayas.

Al obtenerse un racimo por planta, se analizó el jugo de una unidad analítica compuesta del estrujado de todas las uvas de 10 racimos. Este procedimiento se repitió 6 veces.

Con el primer criterio, al cosechar 20 plantas, la consistencia de las estimaciones lógicamente será mayor que al usar $r = 6$, bajo los otros dos criterios.

Al cosechar toda una planta el jugo obtenido proviene de una cantidad no definida de bayas, lo cual implica un mayor costo al ser mayor número de uvas empleadas para las determinaciones posteriores, lo que no sucede con la aplicación del segundo criterio en el que se fijó el número de bayas a extraer para obtener un volumen suficiente de jugo para realizar las determinaciones.

Al no disponer de información al respecto, el valor de 100 bayas se consideró como una cantidad mínima necesaria. Con el jugo de 100 bayas se obtuvo un solo valor para cada característica del mosto, lo cual no permitía determinar la precisión de las estimaciones, por ello era necesario realizar repeticiones. Se fijó el número de 6 repeticiones lo que resultó en la selección de un total de 300 plantas para esta alternativa de muestreo.

El tercer criterio de cosecha de racimos se aplicó debido a que en la práctica es común optar por cosechar racimos, ya que asegura una gran cantidad no definida de bayas y un menor número de plantas a seleccionar. Los 10 racimos, uno por cada una de 10 plantas, conformaron una unidad de análisis y en consecuencia para estimar cada característica del mosto fue necesario utilizar repeticiones. Al fijar el número de repeticiones en 6, se seleccionó en total 60 plantas.

Los valores de las características físico-químicas del mosto obtenido de la cosecha completa de una parcela, fueron considerados los parámetros a estimar. Así, para el parámetro media (μ) obtenido con mediciones realizadas en la pileta de fermentación, su estimador \bar{X} se obtuvo a partir de las determinaciones de la misma característica sobre las unidades de análisis extraídas en cada muestreo.

Con el objeto de determinar la precisión de las estimaciones se construyeron intervalos de confianza al 95%. Se debe destacar que las determinaciones físico-químicas para las diferentes estrategias se realizaron sobre igual cantidad de volumen de jugo.

Lo que varía es la procedencia y la forma en que son extraídas las bayas, que

se estrujan manualmente para obtener la alícuota de dicho volumen.

Para el muestreo sistemático de plantas con el primer criterio se debe calcular, en un primer paso, el valor de $k = N/n$.

El arranque aleatorio se logra sorteando a la primera planta entre las que están ubicadas en la posición $1 \leq i \leq k$ en el sentido de marcha que se haya definido. La i -ésima planta sorteada es la primera unidad de muestreo que se obtiene (P_1), luego la segunda (P_2) será la que está en la posición $i+k$, la tercera (P_3) en $i+2k$ y así sucesivamente hasta $i+(n-1)*k$, (P_{20}).

Como en los otros dos criterios es necesario repetir el procedimiento r veces, entonces $k = N/(n*r)$. Se sortea la i -ésima planta entre 1 y k , inclusive, la cual es submuestreada y forma parte de la primera repetición (P_{11}), la segunda ($i+k$) el resultado del submuestreo es parte de la segunda repetición (P_{21}) y así sucesivamente hasta la sexta planta seleccionada (P_{61}).

La 7ª planta será P_{12} , y así repitiendo el ciclo cada 6 plantas seleccionadas.

Si a las r repeticiones o elementos del conjunto U , para cualquiera de las alternativas, se le realiza la medición de alguna de las variables físicoquímicas deseadas, por ejemplo la variable j -ésima luego los intervalos de confianza del 95% para la media en las diferentes X_j serán:

$$P(LI_j < \mu_j < LS_j) = 0,95$$

donde:

LI_j = límite inferior

LS_j = límite superior del intervalo para la media de la j -ésima variable que se obtiene a partir de

$$\bar{x}_j \pm t_{\alpha/2, r-S_j/\sqrt{r}} \text{ con media } \bar{x}_j = \sum_i^r x_{ij} / r \text{ y desviación estándar}$$

$$S_j = \sqrt{\sum_{i=1}^r (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 (r-1)}$$

Cada procedimiento de muestreo genera para cada determinación un intervalo de confianza donde es deseable que su amplitud o longitud: $L_j = LS_j - LI_j$, sea lo más pequeña posible. A mayor precisión de las estimaciones menor será la longitud de los mismos. Con el objeto de medir la variación en las determinaciones, según la alternativa de muestreo empleada, es que se estima el coeficiente de variación CV_j .

Con el objeto de establecer si existen diferencias estadísticas entre las estimaciones obtenidas, para el contenido promedio de las variables azúcar, pH y acidez, según el criterio utilizado para cada parcela experimental, se realizó un análisis de los intervalos de confianza construidos.

Para comparar la exactitud de los diferentes criterios, se realizó una estimación del error cuadrático medio (ECM), promedio de los cuadrados de las diferencias entre la estimación obtenida según la unidad de análisis empleada y el parámetro determinado en el mosto, en base a todos los sectores analizados (s) en la pileta de fermentación (9):

$$ECM_j = \sum_{i=1}^s (\bar{X}_{ji} - \mu_{ji})^2$$

RESULTADOS

La longitud de los intervalos de confianza por lo general, han sido menor al obtener una muestra compuesta de 100 bayas, que al cosechar 10 racimos o una planta entera. El contenido promedio de azúcar determinado en los tanques de bodega fueron menor que los promedios

obtenidos en las muestras. Esta falta de exactitud de los resultados, puede quizás explicarse, por la diferencias en el estrujado de las bayas y racimos en el laboratorio y el que realiza la moledora en la bodega. Lo cual, podría producir diferencias en las determinaciones, y deberían ser tenidas muy en cuenta.

En las determinaciones de acidez, los intervalos de confianza para la media que se ha obtenido a partir de 100 bayas, han contenido por lo general a las determinaciones de bodega.

Por el contrario, las obtenidas por racimos y cosecha de planta entera, han sobreestimado a tal valoración.

En general, la longitud de los intervalos de la variable pH han sido de longitud corta, cualquiera haya sido la unidad de análisis utilizada.

Para el Sector I, Este y Sur las medias del contenido de azúcar no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) al cosechar bayas, racimos o plantas. En cambio, el Sector Norte al cosechar racimos, su media presenta diferencias estadísticas con respecto a bayas y plantas.

En general, las medias de racimos han sido superiores en el contenido de azúcar, pero estas diferencias no son significativas a excepción del Sector Norte. Con respecto al pH, en los Sectores I y Este las medias de plantas presentaron diferencias estadísticas con respecto a bayas y racimos.

En el Sector Norte la media de bayas presentó diferencias con respecto a racimos y plantas; en cambio en el Sector Sur la media de racimos presentó diferencias con respecto a plantas y bayas.

Las medias de pH han sido en todos los casos mayor al cosechar bayas.

Para las determinaciones de acidez total, la media de bayas en el Sector I presentó diferencias significativas con respecto a las medias de racimos y plantas.

En el Sector Norte la media de racimos presentó diferencias con respecto a bayas y plantas; en cambio en los Sectores Este y Sur no se presentaron diferencias estadísticas entre las medias de la tres unidades de análisis cosechadas. En general las medias de plantas y racimos fueron superiores a las de bayas.

En la tabla 1 pueden observarse las varianzas estimadas según las distintas unidades de análisis consideradas para las tres determinaciones realizadas.

La mayor variación se encuentra entre plantas y la menor al tomar grupos de 100 bayas. Este resultado es importante para los diseños de muestreo que se deseen realizar, ya que deberán considerarse para reducir dicha variación la conveniencia de tomar una mayor cantidad de unidades de muestreo o puntos de muestreo (plantas) y menor cantidad de bayas o racimos dentro de las plantas.

La amplitud de los Intervalos de Confianza han sido, en general, menor al muestrear 100 bayas que al cosechar grupos de 10 racimos o una planta entera.

Tabla 1. Varianzas según unidad de análisis cosechada.

Table 1. Variances according harvested analysis unit.

Unidades	Tenor Azucarino	Acidez	pH
1 Planta	1,220	0,235	0,014
10 Racimos	0,640	0,120	0,110
100 Bayas	0,018	0,015	0,003

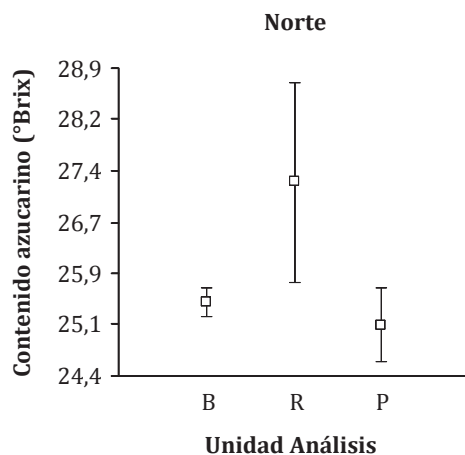


Figura 1. Longitudes de Intervalos 95% para la media de contenido de azúcar del sector Norte, según la unidad de análisis de: baya (B), racimos (R) y plantas (P).

Figure 1. Lengths of Intervals 95 % for the average of content of sugar of the sector North, according to the unit of analysis of: berry (B), clusters (R) and plants (P).

CONCLUSIONES

Para conseguir una muestra representativa del viñedo y su población, se deben seguir procedimientos de muestreo probabilístico en los cuales es necesario identificar o considerar la extensión de todo el viñedo.

Si el viñedo es grande o tiene diferentes secciones topográficas o existen otras fuentes de variación que modifican el valor de la variable de interés, se debe estratificar o zonificar y muestrear cada zona por separado.

Entre los tipos de unidades de análisis consideradas en este trabajo, se concluye que el muestreo de mayor precisión consiste en tomar 100 bayas de un gran número de vides.

Para realizar una estimación y su correspondiente error de muestreo, es necesario tener al menos tres muestras compuestas que contengan 100 bayas o más.

El muestreo sistemático con arranque aleatorio, y tomando como unidad de muestreo a la planta asegura la cobertura de toda la parcela.

Debería ajustarse las técnicas del estrujado manual de las unidades de análisis, con el objeto de lograr mejor exactitud de los resultados. En caso de aplicar la presente metodología utilizando muestras compuestas de 100 bayas, se puede corregir el sesgo en la estimación del contenido de azúcar usando el factor $0,94^{\circ}\text{Brix}$.

BIBLIOGRAFÍA

1. Blouin, J.; Guimberteau, G. 2004 Maduración y madurez de la uva. Mundi-Prensa. Madrid. 151 p.
2. Boulton, R. B.; Singleton, V. L.; Bisson, L. F.; Kunkee, R. E. 1995. Teoría y Práctica de la elaboración del vino. University of California David. Acribia. España. 365 p.
3. Fasciolo, G.; Reising, C. 2004. Manual de muestreo de plagas en montes frutales para técnicos agrícolas-INTA-Mendoza. Argentina. 15 p.
4. Flores, L. 2005. Variabilidad espacial del rendimiento de uva y calidad del mosto en cuarteles de vid Cabernet Sauvignon y Chardonnay en respuesta a la variabilidad de algunas propiedades del suelo. Agricultura Técnica-Chile-65(2): 210-220.
5. Lohr, S. 2000. Muestreo: Diseño y análisis- Internation Thomson. México. 480 p.
6. Pérez López, C. 2005. Muestreo estadístico. Conceptos y problemas resueltos. Pearson. España. 392 p.
7. Sheaffer, R. L.; Mendenhall, L.; Ott, R. 2007. Elementos de muestreo. Thompson- 6° Ed- España. 462 p.
8. Tarter, M. E.; Keuler, S. E. 2005. The effect of rachis position on size and naturity of Cabernet Sauvignon berries. American Journal Enology and Viticulture. 56: 86-89.
9. Tarter, M. E.; Keuler, S. E. 2008. Shoot-Based Sampling of *Vitis Vinifera* Clusters. American Journal Enology and Viticulture. 59: 1.
10. Taylor, J.; Whelam, B. 1999. Some very preliminary grape yield monitoring. Australian Centre for Precision Agriculture Bulletin. University Sidney, Australia. p: 1-5.
11. Wolpert, J. A.; Vilas, E. 1992. Estimating Vineyard Yields: Introduction to a simple, two step method. American Journal Enology and Viticulture. 43: 384-388.