
¿CUÁL ES LA EDAD ÓPTIMA DE VIDA DE UNA PLANTACIÓN DE VID?

Benito Amaro, Ignacio

amaro.ignacio@inta.gob.ar

26 DE OCTUBRE DE 2022
Categoría: Trabajo de investigación

INTA-CIEP, UCEMA

¿Cuál es la edad óptima de vida de una plantación de vid?

Benito Amaro, Ignacio; CIEP-INTA

Resumen

La producción vitivinícola, combina variados factores para obtener aquel producto que luego es tan apreciado por los consumidores en todo el mundo. La producción de uva para vinificar combina factores como son tierra, trabajo, fertilizantes, fitosanitarios, entre otros insumos y a su vez se ve influenciado por cuestiones climáticas. El factor tierra, el cual es fijo y escaso, influye no solo por las cualidades que tenga su suelo, sino también por las condiciones climáticas/ambientales en las que este está envuelto.

La vitivinicultura es una actividad productiva con ciclos repetitivos lo que permite maximizar el valor que se obtiene de la tierra sobre la que se realiza la actividad productiva. Para esto se modificó la fórmula de Faustmann a fin de obtener cual es la edad de la viña óptima a la cual removerla y comenzar con el proceso de renovarla. Concluyendo que la edad óptima de la plantación de vid se obtendrá de la igualdad entre el interés anual que genera el VAN* del ciclo productivo de la vid a perpetuidad con respecto al valor de los beneficios obtenidos en el último año de vida de la vid.

Abstract

Wine production combines various factors to obtain that product that is then so appreciated by consumers around the world. The production of grapes for winemaking combines factors such as land, work, fertilizers, phytosanitary products, among other inputs, and in turn is influenced by climatic issues. The land factor, which is fixed and scarce, influences not only the qualities of its soil, but also the climatic/environmental conditions in which it is involved.

Viticulture is a productive activity with repetitive cycles, which allows maximizing the value obtained from the land on which the productive activity is carried out. For this, the Faustmann formula was modified in order to obtain the optimal age of the vineyard at which to remove it and begin the process of renewing it. Concluding that the optimal age of the vine plantation will be obtained from the equality between the annual interest generated by the NPV* of the productive cycle of the vine in perpetuity with respect to the value of the benefits obtained in the last year of the vine's life.

Palabras Clave: Vitivinicultura, Optimización, valor de la tierra.

Eje Temático: Economía de la producción, demanda y oferta de alimentos

Introducción

El negocio vitivinícola, es una actividad productiva muy importante a nivel mundial. En su producción combina variados factores para obtener aquel producto que luego es tan apreciado por los consumidores. La producción de uva para vinificar combina factores como son tierra, trabajo, fertilizantes, fitosanitarios, entre otros insumos y a su vez se ve influenciado por cuestiones climáticas.

Este artículo pretende discutir como optimizar el uso del factor tierra (el terruño). En la literatura actualmente existe un trabajo que ha optimizado la edad a la cual reemplazar un viñedo. Galindro et al (2020) aplican métodos de programación binaria no lineal para encontrar la edad de reemplazo optima del viñedo. Ellos inician la discusión sobre optimizar el valor de la tierra. Presentan una aplicación práctica muy relevante que es complementaria a la discusión que se pretende dar desde el presente artículo.

El factor tierra tiene características particulares ya que no influye solo por las cualidades que tenga su suelo, sino también por las condiciones climáticas/ambientales en las que este está envuelto. El factor tierra es un factor fijo que se utiliza en la producción. Para aquel que no conoce el término "factor fijo", se dice que la tierra es un factor fijo dado que en el corto plazo no puede variar el stock de este recurso para generar diferentes niveles de producción como si ocurre con aquellos factores variables. Por lo que, comprendida no solo la importancia del suelo en la producción, sino entendiéndolo como un recurso fijo y escaso. Surge la necesidad de optimizar el aprovechamiento de tal recurso.

Para optimizar el uso del recurso suelo es necesario comprender como es la evolución de la vid a lo largo de su vida productiva. Cuando se menciona el término productivo, básicamente el interés está puesto en observar cómo la edad del viñedo afecta a la cantidad y calidad del vino que se puede obtener. También debe considerarse el efecto de la edad de la vid en los costos de producción.

En la literatura el ciclo biológico de un viñedo de uva de vinificación se caracteriza por una fase inicial de crecimiento improductivo, que dura unos 3 años, seguida de algunos años con productividad creciente (Eynard y Dalmasso, 1990; Fregoni, 2013, SanMartin et al 2017). Posteriormente, la vid adulta alcanza una productividad que se mantiene constante durante un período de 20 a 30 años, seguida de una fase descendente que coincide con la vejez del viñedo. Durante esta última parte del ciclo biológico del viñedo, las vides comienzan a ver reducida sus cosechas y los rendimientos medios disminuyen, generando vinos más concentrados e intensos (Robinson, 2006). Autores como Zufferey y Maigre (2008) encuentran evidencia que sugiere que los vinos de vides viejas tanto para vinos blancos como tintos proveerían vinos de mayor calidad.

Bou Nader et al (2019) identifican a las enfermedades de la madera como el principal factor del declive de las viñas viejas. El estudio sugiere que el manejo de las enfermedades de la madera es un componente clave para mejorar la longevidad de los viñedos. Mantener el rendimiento de la uva y los parámetros tecnológicos de madurez de los viñedos, en condiciones ambientales similares, es posible a largo plazo. Esto está en sintonía con lo hallado por Grigg et al. (2017) que notaron la tendencia de las vides viejas a generar mayores rendimientos de frutos, con la posible explicación de mayores reservas de madera.

Por lo tanto, es de esperar que pasada determinada edad del viñedo los beneficios se vuelvan decrecientes. La causa que subyace a este comportamiento puede estar originada en cualquiera de las dos causas ya discutidas. Los beneficios podrán decrecer dado que el mayor precio

obtenido por una mejor calidad no compense en los ingresos la menor cantidad de uva generada o debido a la necesidad de incurrir en mayores costos para mantener la vid productiva. Este comportamiento decreciente es el que genera la oportunidad/necesidad de optimizar el uso de la tierra sobre la que la vid se encuentra implantada.

La vitivinicultura es una actividad productiva con ciclos repetitivos. Esto implica que luego de un ciclo de cierta cantidad de años, la vid será reemplazada por una nueva, generando un nuevo ciclo productivo. Estos ciclos se irán sucediendo a lo largo del tiempo al infinito. Es importante notar que el ciclo productivo consta en el periodo de tiempo desde que se implanta la vid hasta el momento previo a implantar una nueva vid.

Estos ciclos repetitivos son los que generan el deseo de maximizar el valor que se obtiene de la tierra sobre la que se realiza la actividad productiva. Dado que se quiere obtener el máximo valor de la tierra, la cual permite un uso indefinido, es que se sugiere modificar la fórmula de Faustmann a fin de obtener cual es la edad del viñedo óptima a la cual removerlo y comenzar con el proceso de renovarlo. El objetivo del trabajo es presentar la fórmula de Faustmann modificada a fin de poder estimar la edad máxima económicamente óptima de la viña.

El artículo se estructurará de la siguiente forma: en la primera sección se presentará la Metodología. En la segunda sección se presentarán Simulaciones realizadas a modo de ejemplos demostrativos. En la tercera sección se discutirá la metodología y sus alcances (Discusión). Finalmente se presentarán las Conclusiones del trabajo.

Metodología

La fórmula de Faustmann es un modelo forestal utilizado para determinar la edad óptima de una plantación (Faustmann 1849). Tal como se plantea y resuelve el modelo, la fórmula de Faustmann tiene implícito el estado estacionario que se obtendría al emplear optimización dinámica (Heaps 1984). Por lo que la fórmula de Faustmann es una maximización intertemporal para obtener el equilibrio (estado estacionario). Cuando los parámetros del modelo se modifican se obtiene un nuevo estado estacionario.

La fórmula de Faustmann consiste en maximizar el valor presente de los infinitos flujos de fondos que se generaran. Por lo que en realidad se estarán maximizando la suma en valor presente de los valores actuales netos (VAN) para los infinitos ciclos productivos.

El VAN de un viñedo, se define como la suma del valor presente de los ingresos generados restándole el valor presente de los costos incurridos desde la implantación de la vid hasta el momento en que se esté por implantar una nueva vid. Es importante destacar esto último ya que sobre el final del flujo de fondos se incorpora los ingresos/costos del periodo entre remoción de una vid e implantación de una nueva. La ecuación del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^T [F(t) * b(q(t)) * e^{-i*t}] - C + e^{-i*T} * \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}] \quad (1)$$

$F(t)$ representa la producción de uva en kilogramos por hectárea en el año t de la vid. $q(t)$ representa la calidad de la uva para elaborar vinos en un viñedo de t años. $b(q(t))$ son los beneficios netos al productor del kilogramo de uva para vinificación en función de la calidad de esta. e^{-i*t} es el factor de descuento para actualizar valores del año t .¹ C representa los costos

¹ $e^{-i*h} = \frac{1}{(1+i)^h}$. Se aclara esta igualdad por que puede ser más conveniente para la aplicación real el segundo término y no como esta en el trabajo.

de implantar el viñedo. T es la edad optima de la vid a partir del cual removerla para ser reemplazada por vides nuevas, siendo esta variable la de elección en la optimización.

$I(j)$ representa los ingresos del año j provenientes de la actividad productiva que se realiza en el periodo de k años entre que se removió una viña y se implanta una nueva. El término $\sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}]$, podría también haberse considerado al inicio de la plantación y no al final, pero se verá más adelante que esta cuestión no afecta la optimización. En este VAN propuesto, se está suponiendo que el ciclo productivo de la viña comienza con la implantación y termina con los cultivos/trabajos entre el periodo de remoción y el de implantación nuevamente.

Dado que se quiere observar infinitos VAN en valor presente, es que se debe comprender como estos funcionan. A continuación, se puede observar como es el VAN del primer ciclo:

$$VAN(1) = VAN \quad (2)$$

Para el segundo ciclo de la plantación, el VAN tiene la siguiente forma:

$$VAN(2) = e^{-i*(T+k)} * VAN \quad (3)$$

Para el tercer ciclo de la plantación, el VAN tiene la siguiente forma:

$$VAN(3) = e^{-i*2*(T+k)} * VAN \quad (4)$$

Para el n-ésimo ciclo de la plantación, el VAN tiene la siguiente forma:

$$VAN(n) = e^{-i*(n-1)*(T+k)} * VAN \quad (5)$$

Por lo que, dado que se quiere optimizar el valor presente de la suma de los VAN, la ecuación a maximizar sería:

$$\pi = \sum_{n=1}^{\infty} VAN(n) \quad (6)$$

Por lo que dicha condición, reemplazando $VAN(n)$ por su valor, puede reescribirse como:

$$\pi = \sum_{n=0}^{\infty} VAN * e^{-i*(n-1)*(T+k)} \quad (7)$$

Despejando se obtiene:

$$\pi = VAN * \sum_{n=0}^{\infty} e^{-i*(n-1)*(T+k)} \quad (8)$$

Dado que $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-i*(n-1)*(T+k)}$ es una serie geométrica infinita, puede reescribirse como $\frac{1}{1-e^{-i*(T+k)}}$. Por lo que π tomaría la siguiente forma:

$$\pi = \frac{VAN}{1-e^{-i*(T+k)}} \quad (9)$$

Reemplazando el valor del VAN, se obtiene la siguiente ecuación a maximizar:

$$\max_T \pi = \frac{\sum_{t=0}^T [F(t)*b(q(t))*e^{-i*t}] + e^{-i*T} * \sum_{j=1}^k [I(j)*e^{-i*j}] - C}{(1-e^{-i*(T+k)})} \quad (10)$$

Para optimizar la ecuación π , se debe derivar esta con respecto a T :

$$\frac{d\pi}{dT} = \frac{F(T)*b(q(T))*e^{-i*T} - i * e^{-i*T} * \sum_{j=1}^k [I(j)*e^{-i*j}]}{(1-e^{-i*(T+k)})} - i * e^{-i*(T+k)} * \frac{\sum_{t=0}^T [F(t)*b(q(t))*e^{-i*t}] + e^{-i*T} * \sum_{j=1}^k [I(j)*e^{-i*j}] - C}{(1-e^{-i*(T+k)})^2} = 0 \quad (11)$$

Tomando esta derivada, se puede aplicar propiedades de distribución para quitar los cocientes, obteniendo:

$$(1 - e^{-i*(T+k)}) * F(T) * b(q(T)) * e^{-i*T} - i * (1 - e^{-i*(T+k)}) * e^{-i*T} * \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}] - i * e^{-i*(T+k)} * \sum_{t=0}^T [F(t) * b(q(t)) * e^{-i*t}] - i * e^{-i*(T+k)} * e^{-i*T} * \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}] + i * e^{-i*(T+k)} * C = 0 \quad (12)$$

Se simplifica para quitar e^{-i*T} que está en todos los términos, y se agrupa; por un lado, aquellos que tienen i ; y por el otro, aquellos que no lo poseen. De realizar esto se obtiene:

$$(1 - e^{-i*(T+k)}) * F(T) * b(q(T)) = i * \left\{ (1 - e^{-i*(T+k)}) * \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}] + e^{-i*k} * \sum_{t=0}^T [F(t) * b(q(t)) * e^{-i*t}] + e^{-i*(T+k)} * \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}] - e^{-i*k} * C \right\} \quad (13)$$

Uniendo los términos $(1 - e^{-i*(T+k)}) * \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}]$ y $e^{-i*(T+k)} * \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}]$, se obtiene: $\sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}]$. Por lo que se puede simplificar y obtener:

$$\frac{i}{(e^{i*(T+k)} - 1)} = \frac{F(T) * b(q(T))}{e^{-i*k} * \left\{ \sum_{t=0}^T [F(t) * b(q(t)) * e^{-i*t}] - C \right\} + \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}]} \quad (14)$$

Esta condición puede reescribirse en la siguiente manera:

$$\frac{i}{(e^{i*(T+k)} - 1)} = \frac{F(T) * b(q(T))}{VAN^*} \quad (15)$$

Aquí debe aclararse la diferencia entre el VAN utilizado en primera instancia y el nuevo VAN, que se denomina VAN^* . La diferencia está dada por en que momento del ciclo productivo evaluado se realizan los cultivos/trabajos entre plantaciones. En el VAN, estimado inicialmente, estos trabajos se realizan al finalizar el ciclo productivo. En el VAN^* estos trabajos se estiman al inicio del ciclo productivo. Eso es claramente visible en la ecuación del VAN^* .

$$VAN^* = e^{-i*k} * \left\{ \sum_{t=0}^T [F(t) * b(q(t)) * e^{-i*t}] - C \right\} + \sum_{j=1}^k [I(j) * e^{-i*j}] \quad (16)$$

Retomando la condición (15), de esta se desprende que en el último año de vida (vida optima de la planta), el término de la izquierda, el cual representa el rendimiento financiero relativo, debe igualarse al cociente entre los beneficios del último año de vida de la viña y el VAN^* de un viñedo que dure hasta ese último año de vida (año T). El gran supuesto detrás de esta condición es que los beneficios son decrecientes en el tiempo. De no cumplirse este supuesto, esta condición de optimalidad no es útil.

Otra forma diferente de analizar la ecuación (15) es despejando a fin de dejar solo el beneficio del último año de vida de la plantación. La condición que se obtiene es la siguiente:

$$\frac{i * VAN^*}{(e^{i*(T+k)} - 1)} = F(T) * b(q(T)) \quad (17)$$

Aquí se puede notar que el equilibrio estará dado en el punto donde el valor monetario del interés anual generado por el VAN^* a perpetuidad $\left(\frac{i * VAN^*}{(e^{i*(T+k)} - 1)} \right)$ debe igualarse con el valor que tendría ese último año de vida útil de la plantación $(F(T) * b(q(T)))$.

Dado que en la realidad es complejo hallar los equilibrios y entendiendo que los equilibrios son puntos de indiferencia, esta condición puede pensarse como inecuación. Al pensar la condición como inecuación, se estará delineando una regla de comportamiento. Por lo que, la condición implicara permitirle un año más de vida a la plantación siempre y cuando la condición sea la siguiente:

$$\frac{i * VAN^*}{(e^{i*(T+k)} - 1)} \leq F(T) * b(q(T)) \quad (18)$$

Por lo que la plantación se removerá cuando se observe la siguiente condición:

$$\frac{i \cdot \text{VAN}^*}{(e^{i \cdot (T+k)} - 1)} > F(T) * b(q(T)) \quad (19)$$

Un punto importante de esta condición de optimalidad presentada, que es más visible en esta última versión (17), es su flexibilidad. La fórmula, como fue presentada está diseñada para suponer que se ira reemplazando por viñedos similares al que está implantado actualmente. Esto no necesariamente será así en la realidad. Puede ocurrir que cuando se esté pensando en renovar la vid, esta sea sustituida por una variedad de vid más productiva genéticamente o por una viña de una cepa diferente.

El procedimiento para estimar esta nueva edad optima tanto para la vid que se encuentra implantada, como para la nueva vid que se desea implantar, consta en dos pasos. El primer paso es utilizando la formula a fin de obtener la edad óptima para la nueva vid que se desea implantar.

En el segundo paso, se utiliza el valor de la perpetuidad de los valores monetarios del interés anual que generaría el VAN* de la nueva plantación $(\frac{i \cdot \text{VAN}^*}{(e^{i \cdot (T+k)} - 1)})$ para comparar con el beneficio anual de la vid que está actualmente produciendo. La regla de decisión sigue siendo la misma, si ocurre (18) se continua la plantación mientras que si ocurre (19) esta se reemplaza.

Una situación diferente es el caso donde en la actualidad es más conviene otra actividad que la vitivinicultura. En este caso, la formula sigue siendo válida y se podrá obtener el momento T en que se removerá la viña actual para dedicarse a la nueva actividad. En la formula lo único que se debe modificar es el VAN* que pasara a ser el VAN del nuevo proyecto productivo. Por lo que la formula (17) sigue siendo igual de útil.

Simulaciones

En este apartado se realizarán 3 simulaciones para demostrar cómo implementar la metodología propuesta. En el primer caso se presentará la elección del momento óptimo para reemplazar el viñedo por uno de igual cepa. En el segundo caso a presentar es reemplazar un viñedo por uno con una cepa más productiva. En tercer lugar, se presentará un ejemplo de sustitución de un viñedo por una nueva actividad.

Para realizar las simulaciones se utilizarán como base los datos presentados en el artículo de Galindro et al (2020). Los viñedos observados poseían los siguientes comportamientos:

$$Q(t) = 0.0036 * t + 0.6 \quad (20)$$

$$K(t) = -661.4 + 451.1 * t - 6.774 * t^2 \quad (21)$$

$$P = 3$$

$$C = 10000$$

Donde: t es la edad del viñedo. $Q(t)$ es la calidad de la uva producida y $K(t)$ es la cantidad de uva producida, ambas son función de la edad del viñedo. P es el precio de venta por kg de uva en euros. C es el costo de implantar el viñedo en euros por ha.

A los datos provistos por este artículo se le deben agregar otros que están faltando para hacer realista el ejercicio. Por lo que se realizaran los siguientes supuestos: i es la tasa de interés, tomara un valor de 0.05. k es el número de años entre que un viñedo es removido y uno nuevo es implantado, tomara un valor de 5 años. $I(j)$ son los ingresos que se espera obtener por la

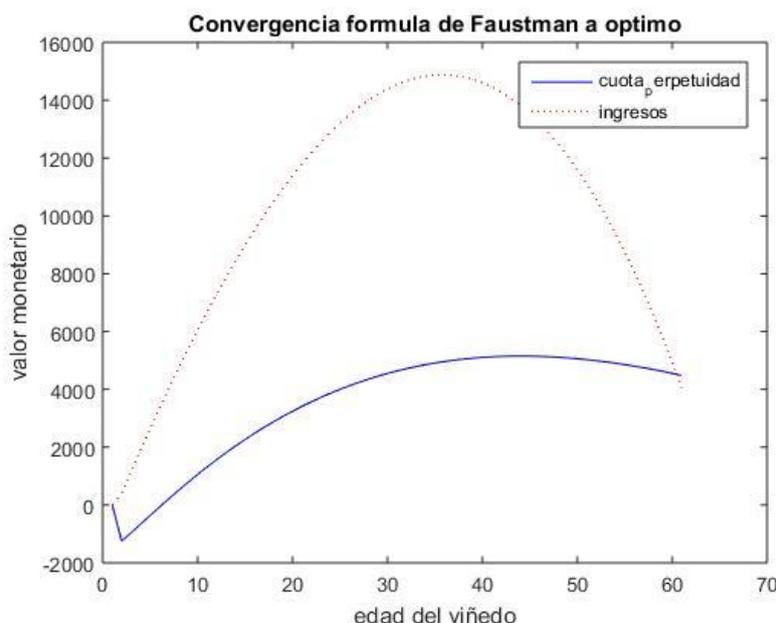
actividad realizada en la parcela en el año j (años entre remoción e implantación), tomara un valor de 500 euros por año.

Con estos datos se tiene la información necesaria para estimar cual sería la edad optima de un viñedo. Se simulará en Matlab los 3 escenarios planteados. Los viñedos poseerán una fase creciente de los ingresos y luego vendrá la fase decreciente. En la fase decreciente de los ingresos se utilizará la ecuación (18) como condición para permanencia de la vid. Mientras esta se cumpla el viñedo permanece en pie, cuando no se cumple se remueve y se inicia el periodo de renovación o se pasa a otra actividad.

En primer caso es cuando se renueva la vid con la misma cepa. Se obtiene que la edad optima de vida de una viña con la cepa modelada es de 61 años. El VAN de un viñedo de esta cepa que vive 61 años es de 419056.9379 euros. Este Van comprende el periodo desde que se retira la antigua viña hasta que se remueve la actual a los 61 años de vida. Por lo que el periodo del VAN es de 66 años ya que considera los 5 primeros años entre que se remueve la antigua viña y se implanta la nueva.

En el grafico 1 puede observarse cómo evolucionan tanto los ingresos anuales de la plantación como la cuota de la perpetuidad (valor monetario del interés anual generado por el VAN* a perpetuidad).

Grafico 1: Convergencia formula de Faustmann reemplazo con misma cepa



Fuente: Elaboración propia

En el segundo caso a presentar es reemplazar un viñedo por uno con una cepa más productiva. Aquí supondremos que el productor que optimizo la edad optima en el ejemplo anterior se encuentra con que posee en la propiedad un viñedo que produce con una calidad inferior a la variedad del ejemplo anterior. El productor entonces quiere saber cuándo debería remover la viña de calidad inferior y reemplazarla por una de calidad superior.

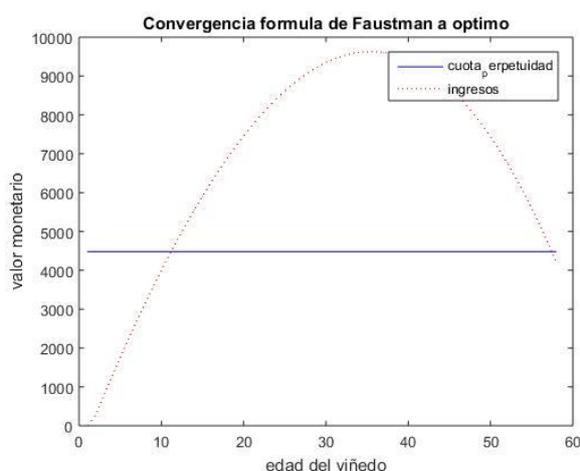
Para este ejercicio cambian los parámetros de calidad. La ordenada al origen cambia de 0.60 a 0.40. La pendiente cambia de 0.0036 a 0.0020. Por lo que la calidad de la viña a ser reemplazada está representada por la ecuación (22).

$$Q(t) = 0.002 * t + 0.4 \quad (22)$$

De optimizar considerando la cuota de la perpetuidad de la viña nueva y los ingresos que genera anualmente la viña a ser removida, es que se obtendrá la edad óptima. La cuota de la perpetuidad, valor monetario del interés anual generado por el VAN* a perpetuidad, es estimada en la primer simulación.

La edad optima obtenida para la viña a ser reemplazada es de 58 años. El VAN del viñedo a ser removido es de 411253.8266 Euros. El VAN del viñedo removido representa los ingresos generados por esta viña a lo largo de su vida productiva. Su vida productiva comprende del periodo desde que se removió la vid anterior hasta que ella sea removida. Para observar cómo se converge al equilibrio puede observarse el grafico 2.

Grafico 2: Convergencia formula de Faustmann reemplazo con cepa más productiva

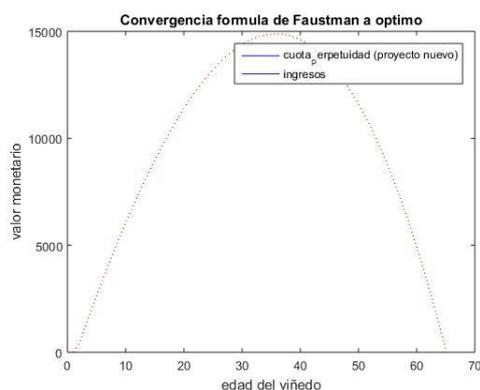


Fuente: Elaboración propia

En tercer lugar, se presentará un ejemplo de sustitución de un viñedo por una nueva actividad. Aquí se supondrá que por algún motivo en una parcela que posee el productor, donde posee la variedad de uva de la primera simulación se desea dedicar a la agricultura. Se supondrá que será realizando los cultivos que habitualmente se hacen entre remoción de un viñedo eh implantación de otro. La renta que dicho cultivo genera es conocida. La renta que se espera obtener anualmente es de 500 euros por año.

De realizar la optimización se obtiene que la edad optima del viñedo es 65 años. El VAN que el viñedo generará a lo largo de sus 65 años de vida será de 422415.5922 Euros. En el siguiente grafico puede observarse como es la convergencia entre los ingresos del viñedo y el valor de la perpetuidad que implican los cultivos anuales.

Grafico 3: Convergencia formula de Faustmann reemplazo con otra actividad



Fuente: Elaboración propia

Con las 3 simulaciones se buscó por un lado mostrar los 3 escenarios posibles. Estos escenarios son reemplazar los viñedos por uno similar al actual, reemplazarlo por un viñedo de características diferentes, y por último reemplazarlo para dedicarse a una actividad diferente.

Por otro lado, se buscó mostrar cómo reacciona la edad óptima a proyectos más rentables (cambiar por un viñedo de mayor calidad) o a proyectos menos rentables (reemplazar viñedos para dedicarse a la agricultura). Pudo notarse que cuando el proyecto iba a ser más rentable se adelantaba la edad de reemplazo para aprovechar mejor las ganancias. Cuando era menos rentable lo que ocurrió fue lo contrario, se retrasó el periodo de remoción para extraer las mayores rentas posibles del viñedo hasta el punto donde ya no fue económicamente viable.

Discusión

En la discusión se plantearán diferentes preguntas que pueden surgir a causa del modelo planteado. Se buscará responder a estas preguntas de forma tal que permitan conocer los alcances y limitaciones de esta metodología.

La primera pregunta a hacerse es: ¿Qué efecto tiene el terruño en la producción? Esta pregunta es muy interesante, dado que permite comprender la relevancia del factor sobre el que se está deseando optimizar. El terruño es un concepto muy importante en viticultura porque relaciona los atributos sensoriales del vino con las condiciones ambientales en las que se cultivan las uvas. La jerarquía de calidad y el estilo del vino pueden explicarse, en gran medida, por el terruño (Van Leeuwen & Seguin 2006). La noción de terruño en la viticultura se refiere precisamente a esta compleja interacción de factores. Se trata de la vid y su entorno, incluida la fenología, la geografía, la geología, la pedología y el clima local de un viñedo, junto con la actividad humana (Seguin 1986, Roullier-Gall et al 2014).

La pregunta a hacerse luego de ver lo importante del terruño es: ¿Por qué es necesario optimizar el valor de la tierra? Aquí en primera instancia se debe decir que es importante optimizar el uso del terruño no solo por el efecto que este posee en la producción, sino porque se trata de un factor productivo escaso. Esta escasez es la que hace que sea tan importante optimizar su uso. Si el factor terruño fuera igual de importante, pero abundante, la relevancia de optimizarlo pasaría a un segundo orden de prioridades. La escasez es la que vuelve tan relevante optimizar su uso para realizar un mejor aprovechamiento de las características únicas de este.

En lo respectivo al modelo utilizado, una pregunta relevante es: ¿Qué es necesario para que el modelo funcione? El modelo parte de supuestos como precios, producción y calidad fijos para cada año t . Esto implica, que esos valores serán lo que ocurre en promedio en ese año t de vida del viñedo. Esto es algo positivo dado que no se verá influido por cuestiones transitorias al

momento de tomar la decisión de renovar o continuar. Las condiciones transitorias pueden ser positivas o negativas, y tomar decisiones en base a estas pueden implicar costos para la firma. Detrás de usar los datos promedios también se esconde un supuesto sobre la actitud frente al riesgo del productor. Por cómo está construido el modelo, el supuesto aquí es que el productor es neutral al riesgo².

Sin lugar a dudas el supuesto fundamental para que el modelo funcione y se pueda obtener una edad óptima de vida de la plantación es que los beneficios sean decrecientes. ¿Qué pasa si el supuesto de beneficios decrecientes no ocurre? Si el supuesto de beneficios decrecientes no ocurre, los beneficios crecerían todos los años, por lo que no sería necesario optimizar. Con beneficios crecientes cada año extra de la vid, esta aumentaría las ganancias que generan, por ende, nunca sería conveniente reemplazarla. Esto si fuese real sería el mundo ideal para el productor, pero lamentablemente no ocurre.

En la realidad, nunca los beneficios del viñedo crecerán indefinidamente. Es de esperar que, durante su primera época, esta posea beneficios crecientes. Pero, llegado un determinado momento, uno debe suponer que existirá un punto de inflexión a partir del cual los beneficios empezaran a caer. Estos beneficios se esperaría que caigan ya sea por menores ingresos (cae la producción más que lo que aumenta el precio por una posible mayor calidad) o debido a mayores costos en mantener la productividad de la viña.

Una cuestión que a menudo surge cuando se presenta la fórmula de Faustmann es: ¿Es válido suponer que siempre se dedicara a producir lo mismo? Por lo que se puede adaptar la pregunta al problema en discusión: ¿Es válido suponer que siempre se dedicara a la producción vitivinícola? Esta pregunta es interesante y vital para el modelo. La respuesta es simple, si la alternativa a estudiar es reemplazar la viña actual por una nueva, el supuesto de que siempre reemplazara las viñas por nuevas de estas mismas es válido. ¿Por qué es válida?, porque si se está evaluando reemplazar la viña actual por una nueva es porque actualmente es la mejor alternativa productiva conocida. Si actualmente es la mejor alternativa productiva conocida no hay nada que lleve a pensar que existirá mejor alternativa para el suelo en el futuro bajo las condiciones existentes.

Conclusiones

En este artículo se pretendió discutir como optimizar el uso del factor tierra el cual es un recurso esencial, fijo y escaso. Para optimizar el uso del recurso fue necesario comprender como evoluciona la vid a lo largo de su vida productiva y el efecto que esto tiene en los beneficios de la firma.

Dado que la vitivinicultura es una actividad productiva con ciclos repetitivos, se desea maximizar el valor que se obtiene de la tierra sobre la que se realiza la actividad productiva. Por lo que se modificó la fórmula de Faustmann a fin de obtener cual es la edad de la viña óptima a la cual removerla y comenzar con el proceso de renovarla, cambiar a otra variedad o incluso dedicarse a otra actividad.

La conclusión a la que se llega es que en la edad óptima de la plantación de vid es perfectamente estimable con la fórmula de Faustmann modificada. En esta fórmula, la edad optima se obtendrá de la igualdad entre el interés anual que genera el VAN* del ciclo productivo de la vid a perpetuidad con respecto al valor de los beneficios obtenidos en el último año de vida de la vid.

² El componente de mayor o menor adversidad al riesgo puede introducirse a través de la tasa de interés. Mayores tasas de interés que se le pida al proyecto implicara una mayor aversión al riesgo.

Siendo VAN* el Valor Actual Neto (VAN) de una plantación desde que se inician los trabajos y cultivos posteriores a la remoción de una antigua vid hasta el momento de remoción de la vid de dicho ciclo productivo.

Puede notarse que los datos necesarios para estimar la vida óptima de la plantación son cuestiones comúnmente usada por los productores. Por lo que este método no solo brinda una importante herramienta para mejorar la toma de decisiones. Este método, además, es una herramienta muy simple de usar y de construir.

Agradecimientos

Se agradece al Ingeniero Agrónomo Rodrigo Sebastián Espíndola por la ayuda brindada en la recopilación de Bibliografía y sus valiosos comentarios.

Bibliografía

Heaps, T., (1984). The forestry maximum principle. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 7:131-151.

Zufferey V., Maigre D. (2008). Vineyard age. II. Influence on grape and wine quality. *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture* 40(4), 241-246.

SAN-MARTIN, C., VENTURI, F., TAGLIERI, I., FERRONI, G., SCALABRELLI, G., NARKABULOVA, N., ANDRICH, G., ZINNAI, A. (2017). Restoration of an old vineyard by replanting of missing vines: effects on grape production and wine quality. *Agrochimica*, Vol. 61 No. 2.

Eynard I., Dalmaso G.: *Viticultura Moderna*. Hoepli, Milano, 9th ed. (1990). Fregoni M.: *Viticultura di Qualità. Tecniche Nuove*, Milano (2013).

Robinson, J. (2006) *The Oxford companion to wine* (Oxford University Press: Oxford, England).

Grigg, D., Methven, D., de Bei, R., Rodríguez López, C.M., Dry, P., Collins, C., 2017. Effect of vine age on vine performance of Shiraz in the Barossa Valley, Australia. *Aust. J. Grape Wine Res.* 75–87. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12312>.

Bou Nader, K., Stoll, M., Rauhut, D., Patz, C., Jung, R., Loehnertz, O, Reiner Schultz, H., Hilbert, G., Renaud, C., Roby, J., Delrot, S., Gomès, E. (2019). Impact of grapevine age on water status and productivity of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. *European Journal of Agronomy* 104: 1–12

Faustmann M (1849) Berechnung des Werthes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirthschaft besitzen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, pp 441–451

Roullier-Gall C., Lucio M., Noret L., Schmitt-Kopplin P., Gougeon R.D. (2014). How Subtle Is the “Terroir” Effect? Chemistry-Related Signatures of Two “Climats de Bourgogne”. *PLoS ONE* 9(5): e97615. [doi:10.1371/journal.pone.0097615](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097615).

Seguin G. (1986) “Terroirs” and pedology of wine growing. *Experientia* 42: 861– 873. [doi:10.1007/BF01941763](https://doi.org/10.1007/BF01941763).

VAN LEEUWEN, C. & SEGUIN, G (2006). The Concept of Terroir in Viticulture. *Journal of Wine Research*, Vol. 17, No. 1, pp. 1–10

Galindro, A; Cerveira, A; Torres, D.F.M.; Matias, J.; Marta-Costa, A. (2020) "A Mathematical Model for Vineyard Replacement with Nonlinear Binary Control Optimization". *Discontinuity, Nonlinearity, and Complexity* 9(2) pp. 173-186. DOI: 10.5890/DNC.2020.06.001