

# SELECCIÓN DE UN VIÑEDO PARA LA ELABORACIÓN DE VINO DE ALTA GAMA MEDIANTE EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

Pablo Aragonés-Beltrán

Alberto Escardino-Malva

Alfonso Porcar-Ramos

Santiago León-Rubio

*Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia*

## Abstract

In this paper an application of the multicriteria decision making technique AHP (Analytic Hierarchy Process) is presented to select a vineyard to produce a high quality wine. The work has been done with the help of a wine expert, who acted as decision maker, and an AHP decision making specialist team. The whole process includes: the vineyards selection, the decision making criteria selection and analysis and its weighting process, the valuation of the alternatives and the aggregating priorities. A sensitivity analysis of the results are also carried out.

**Keywords:** *vineyard selection; multicriteria decision making; MCDM; analytic hierarchy process; AHP*

## Resumen

En el presente trabajo se realiza una aplicación del método de toma de decisiones multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process) para seleccionar un viñedo que permita elaborar vino de alta gama. El trabajo se ha realizado con la ayuda de un enólogo, que ha actuado como decisor y de un equipo de especialistas en la técnica AHP. Se presenta todo el proceso de toma de decisiones que incluye: la selección de los viñedos, la selección y análisis de los criterios de decisión, su ponderación, la valoración de las alternativas y el establecimiento de las prioridades finales. También se ha realizado un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** *selección de viñedos; toma de decisiones multicriterio; MCDM; proceso analítico jerárquico; AHP*

## 1. Introducción y objetivos

La elaboración de vino de alta gama es un proceso complejo en el que influyen numerosos factores, entre los que cabe destacar: las características del terreno, el clima o las características de la plantación. Cuando un inversor se plantea invertir dinero en la elaboración de vino de alta gama tiene un problema complejo de toma de decisiones.

En el presente trabajo se pretende resolver el problema de la selección de un viñedo para elaborar un vino de alta gama mediante el Proceso Analítico Jerárquico (más conocido por sus siglas en inglés, AHP, Analytic Hierarchy Process). El objetivo del promotor es crear una bodega de reducidas dimensiones capaz de ofrecer un vino de gran calidad, con la idea de poder llegar a conseguir una DO propia (Vino de Pago) o una calificación de VT propia (Vino de la Tierra), para vender en una franja superior a los 60 € por botella. El vino debe ser también un producto ecológico. El proyecto incluye construir una pequeña bodega de nueva planta o, aprovechar una construcción antigua, que tenga un diseño minimalista y funcional recurriendo para ello a un buen arquitecto local, así como contratar a un enólogo ya experimentado para crear el nuevo vino. Para conseguir este objetivo hay que adquirir unos terrenos que ya tengan cepas, cuanto más viejas mejor, y equipar la bodega con la última tecnología en vinificación y crianza, incluyendo embotelladora y nave de crianza en botella. La bodega deberá situarse en el propio viñedo o lindante al mismo. Por tanto, el primer problema es el de localizar un viñedo que reúna las condiciones adecuadas.

Para tomar esta decisión, el promotor, en adelante Decisor (DM), decidió recurrir a un equipo de especialistas en toma de decisiones multicriterio del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia, en adelante Equipo Analista (EA). La función del EA fue la de guiar al DM para que fuera desarrollando un proceso de toma de decisiones sistemático que le facilitase un análisis de la situación, le ayudase a organizar toda la información que el propio DM iba a ir generando durante el proceso y le condujese hacia la solución.

Una de las características de este proceso ha sido la inclusión de la dimensión personal en el análisis: El DM manifestó su intención de vivir cerca del Mediterráneo y relativamente próximo al mar, y su deseo de tener en cuenta sus expectativas de vida personales.

Tras la realización de un exhaustivo trabajo de campo, se concretaron cinco posibles viñedos, dos ubicados en la provincia de Tarragona (municipios de Capçanes y Bellmunt de Priorat), uno en Valencia (municipio de Utiel), otro en Alicante (municipio de Villena), y otro en Mallorca (municipio de Felanitx).

## 2. Metodología

El Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) es un conocido método de toma de decisiones multicriterio, propuesto por Th Saaty en 1980 (Saaty, 1980, 1996, 2001). Según su autor, el método constituye una teoría de la medida relativa de criterios intangibles para el análisis de decisiones. Se basa en la descomposición del problema de decisión en varios niveles de tal modo que se establece una jerarquía con relaciones unidireccionales entre cada uno de los niveles. El nivel más alto de la jerarquía está formado por el objetivo del problema. En el siguiente nivel se sitúan los criterios, tangibles e intangibles, y subcriterios, en base a los cuales se valorarán las alternativas, las cuales forman el nivel más bajo de la jerarquía. AHP utiliza comparaciones pareadas para asignar pesos a los elementos de cada nivel, midiendo su importancia relativa mediante la escala 1-9 de Saaty y finalmente calcula la prioridad global correspondiente a los elementos del último nivel que son las alternativas del proceso de decisión (Saaty, 2008). El método también calcula un ratio de consistencia asociado a cada matriz de comparaciones pareadas para verificar la coherencia del DM. Los fundamentos matemáticos del método se pueden encontrar en (Saaty 1994, 1996). Vaidya y Kumar (2006) realizan un estudio de 150 artículos científicos de aplicaciones de AHP publicadas en revistas científicas de reconocido prestigio hasta el año 2006. AHP está siendo aplicado en muy diferentes áreas: social, educación, ingeniería, industria, política, producción, asignación de recursos, etc.

El proceso de toma de decisiones ha seguido las siguientes etapas y pasos:

**Etapas 1.** Estructuración del problema en forma jerárquica.

Paso 1.1. Establecer el objetivo general del problema de decisión.

Paso 1.2. Definir los criterios de decisión en forma de estructura jerárquica, definiendo unos criterios de primer nivel y subcriterios de segundo nivel en los que se descomponen los primeros. De esta forma cada criterio de primer nivel se puede analizar con detalle estudiando la respectiva contribución que cada criterio de segundo nivel realiza al criterio de primer nivel del que cuelga.

Paso 1.3. Definir las alternativas de decisión. Dependiendo cada tipo de problema, el proceso de identificación de alternativas será diferente.

**Etapas 2.** Establecimiento de prioridades entre los criterios. En esta etapa se obtienen los pesos locales de los criterios mediante comparación pareada entre los criterios de cada nivel y después se obtienen los pesos globales.

**Etapas 3.** Establecimiento de prioridades entre las alternativas. Para cada uno de los criterios se establecen las prioridades de las alternativas.

**Etapas 4.** Establecimiento de las prioridades globales asociadas a cada alternativa. En esta etapa se asigna a cada alternativa un valor global que compone de forma aditiva el peso de cada criterio con la valoración que la alternativa ha obtenido en ese criterio.

### **3. Caso de estudio. Selección de un viñedo.**

Los objetivos del problema, expuestos en la introducción, se especificaron en una primera reunión entre el DM y el EA. El interés expuesto por el DM de que sus deseos de residir en el Área Mediterránea iba influir en la decisión, llevó al EA a realizar dos análisis diferenciados: uno que tuviera en cuenta los criterios y circunstancias personales del DM y otro que tuviera en cuenta estrictamente los criterios de negocio. Para este segundo análisis se incorporó al equipo EA un experto enólogo. Por esta razón se establecieron dos jerarquías diferentes. De este modo las alternativas se evaluaron desde el punto de vista de los criterios personales y desde el punto de vista del negocio. Finalmente se analizaron conjuntamente las dos ordenaciones de modo que el DM pudiera tomar su decisión en función de la importancia del criterio personal y del negocio.

El hecho de plantear dos jerarquías diferentes hace que se pueda asegurar mejor la independencia en preferencia de los criterios y evita que haya influencia entre los criterios de tipo personal y los que tienen en cuenta únicamente el negocio.

Después de dos nuevas reuniones entre el DM y el EA se identificaron 7 criterios personales y 26 criterios relacionados con el negocio, estos últimos agrupados en 6 criterios de orden superior, y éstos a su vez reunidos en dos grupos principales: uno referente a aspectos socioeconómicos y otro a la calidad de la uva y, por tanto, a la calidad del vino.

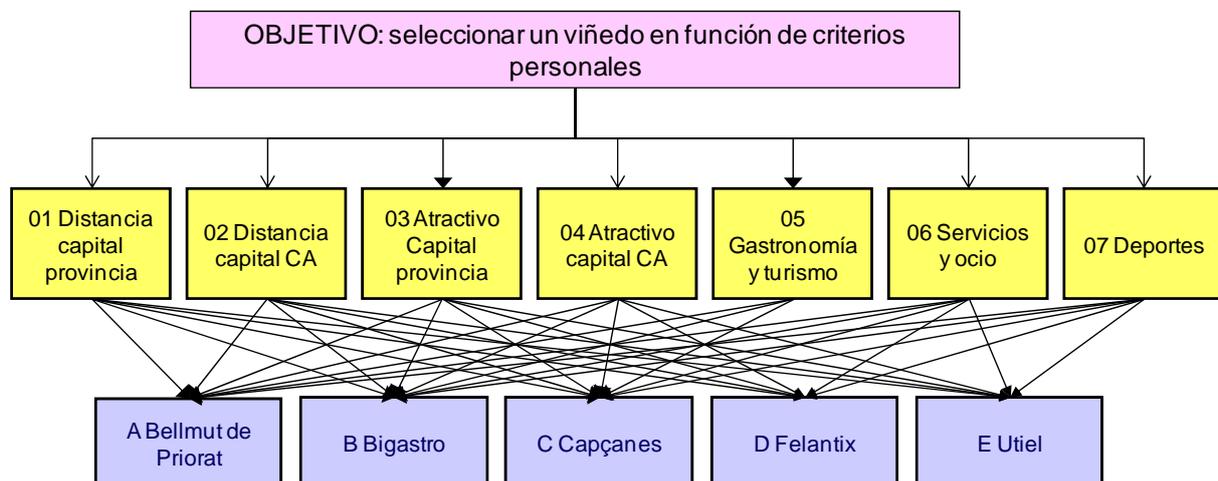
#### **3.1 Jerarquía de criterios personales**

El objetivo general de esta parte del problema es: *seleccionar uno de los viñedos considerados como alternativas en función de los criterios de tipo personal*. Los criterios de tipo personal seleccionados se describen en la Tabla 1. La Figura 1 representa la jerarquía.

Tabla 1. Descripción de los criterios personales

	Criterios	Descripción
Personales	C1	Distancia a capital de provincia Evalúa en tiempo la distancia de la bodega a la capital de provincia
	C2	Distancia a capital de CA Evalúa en tiempo la distancia de la bodega a la capital de la Comunidad Autónoma
	C3	Atractivo de la capital de provincia Evalúa el atractivo histórico, cultural, socioeconómico, y climático de la capital de provincia
	C4	Atractivo de la capital de CA Evalúa el atractivo histórico, cultural, socioeconómico, y climático de la capital de la Comunidad Autónoma
	C5	Gastronomía y turismo Evalúa la riqueza gastronómica y de turismo próximo en un radio de una hora y media de viaje
	C6	Servicios y ocio Evalúa la calidad y variedad de servicios y propuestas de ocio. Distancia a cines, teatros, centros comerciales, mercados, aeropuertos, puertos deportivos. Evalúa también la importancia de los mismos
	C7	Deportes Evalúa la facilidad de práctica de sus deportes favoritos: ciclismo y esquí, aunque le gustaría iniciarse en la náutica, calidad y cualidad de las rutas ciclables, distancia y categoría de las pistas de esquí -si las hay-, y distancia y categoría de los puertos deportivos.

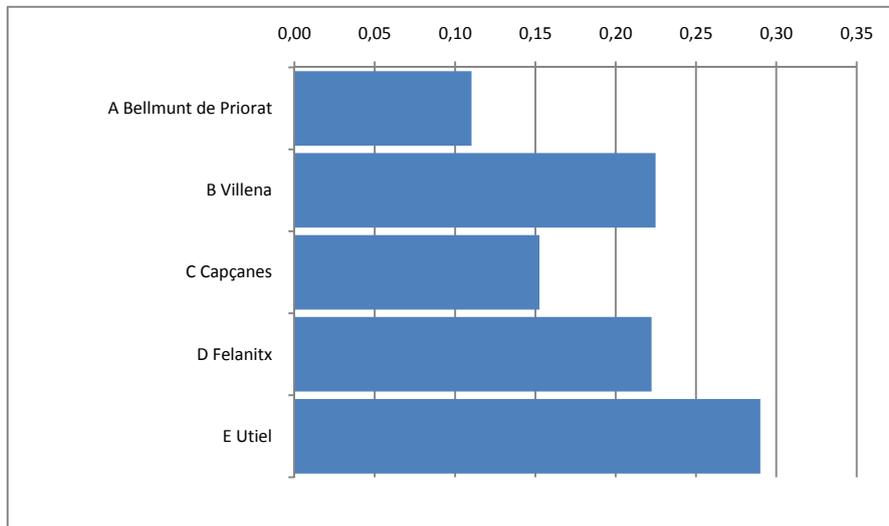
Figura 1. Jerarquía de criterios personales.



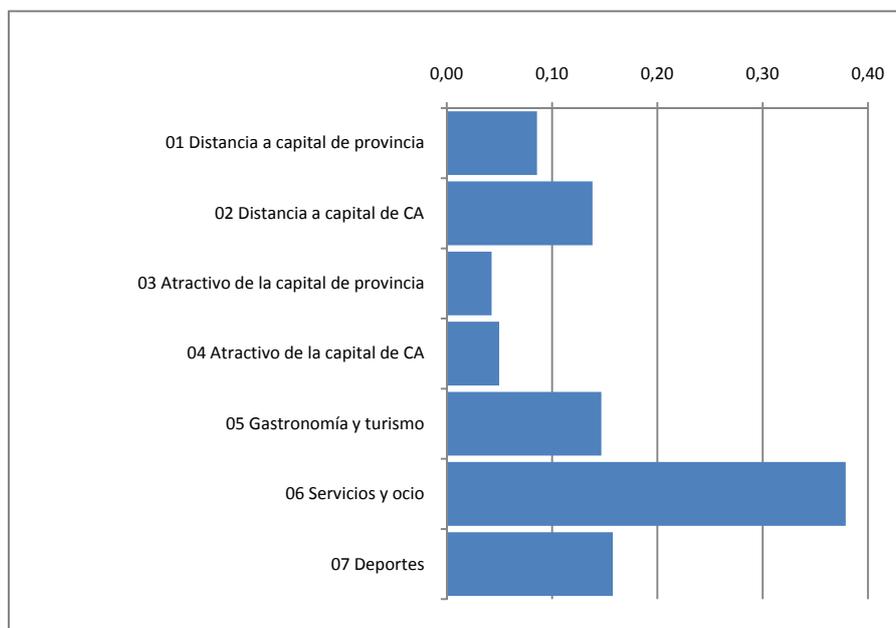
En el siguiente paso se le pidió al DM que estableciera prioridades entre los criterios y para cada criterio, entre las alternativas. Para ello se elaboró un sencillo cuestionario en el que el DM fue respondiendo a las comparaciones pareadas que se le plantearon, siguiendo el método AHP. Para obtener los resultados se utilizó el programa Superdecisions ([www.superdecisions.com](http://www.superdecisions.com)). Para cada matriz de comparación pareada se comprobó que el índice de consistencia fuera aceptable, inferior a 0,1 (Saaty, 1994). La Figura 2 muestra

gráficamente las prioridades de las alternativas y La Figura 3 muestra gráficamente los pesos de los criterios obtenidas a partir de los juicios del DM.

**Figura 2. Valoración de alternativas. Jerarquía criterios personales**



**Figura 3. Valoración de alternativas. Jerarquía criterios personales**



Estos resultados muestran, que a la hora de elegir una localización desde el punto de vista de los criterios personales, el DM le da mucha importancia a la gastronomía y al turismo, seguido de los servicios y Ocio y a la posibilidad de practicar deporte. Las alternativas mejor valoradas en estos criterios son las que tienen mejor prioridad global (Felanitx, Utiel y Villena).

### 3.2 Jerarquía de criterios de negocio

El modelo jerárquico se planteó en cinco niveles. En el primer nivel se situó el objetivo fundamental (Goal) que es: *seleccionar uno de los viñedos considerados en función de los criterios de negocio*. En el segundo nivel se situaron dos criterios de primer orden que distinguen entre los aspectos socioeconómicos del negocio y los relacionados con la calidad

del producto final. En el tercer nivel se encuentran seis grupos de criterios (clusters). En el cuarto nivel se propusieron 26 criterios de decisión, y en el quinto, las alternativas. La Tabla 2 muestra los criterios y su descripción. En este caso, para asesorar al DM en la ponderación de los criterios y la valoración de las alternativas se contó con la participación de un enólogo que actuó como experto. El EA redactó un cuestionario en el que se establecieron las correspondientes comparaciones pareadas entre los elementos del mismo nivel que fue respondido por el DM con el asesoramiento del experto enólogo.

**Tabla 2 Jerarquía y descripción de los criterios de negocio**

Socioeconómicas	De oportunidad	C1	Prestigio de la DO	Evalúa el prestigio de la DO en la que se incluya el vino, o más próxima, y su incidencia en la facilidad de comercialización
		C2	Facilidades y/o subvenciones para vinificación ecológica	Evalúa la mayor o menor dificultad de aplicar la normativa existente en materia de cultivos ecológicos, y la existencia o no de subvenciones para ello
		C3	Superficie	Evalúa la idoneidad de la superficie en venta
		C4	Precio	Evalúa el mayor o menor precio de venta de los terrenos, en €/Ha
		C5	Socioeconómicas, idioma.	Evalúa las cualidades de la infraestructura socioeconómica para la comercialización del vino, incluyendo los idiomas
	Gastos de explotación	C6	Distancia a centro de distribución	Evalúa la distancia que debe recorrerse con el vino desde la bodega hasta un centro de distribución
		C7	Costes de la distribución	Evalúa la incidencia de los medios o vías de distribución posibles en el coste final del producto
		C8	Costes de vendimia	Evalúa la dificultad de vendimia y su coste
	Dotaciones e infraestructuras	C9	Accesos	Evalúa si los terrenos tienen accesos que permitan el paso de camiones o hay que ejecutarlos
		C10	Energía	Evalúa la disponibilidad de energía eléctrica, y en su ausencia, la distancia hasta una posible toma. Hay que tener en cuenta las dificultades en gestiones y tiempo que supone los acuerdos con Hidroeléctrica
		C11	Vías de Comunicación	Evalúa la capacidad y cualidades de las vías de comunicación entre la futura bodega y los centros de distribución
		C12	Existencia de agua	Evalúa la existencia de acuíferos potables y/o la distancia hasta una red de agua canalizada
		C13	Existencia de casa de labranza	Evalúa la oportunidad de existencia de una antigua casa de labranza para recuperarla e integrarla en la nueva bodega
		C14	Existencia de antigua bodega	Evalúa la oportunidad de existencia de una antigua bodega para recuperarla e integrarla en la nueva bodega

Calidad de la uva	Características del terreno	C15	Composición mineral	Evalúa la composición mineral y la proporción de materia orgánica del terreno
		C16	Estratigrafía del terreno	Evalúa la permeabilidad del terreno, la granulometría, la capacidad de drenaje superficial y la existencia o no de una capa más impermeable en profundidad que garantice una humedad permanente y obligue a la planta a profundizar sus raíces.
		C17	Perfil	Evalúa la pendiente del terreno, y si existen o no bancales o terrazas
		C18	Orientación	Evalúa la orientación de los viñedos en relación al recorrido del sol
		C19	Altitud	Evalúa la incidencia de la altitud sobre el desarrollo de la vid y de la uva.
	Características climáticas	C20	Régimen de temperaturas	Evalúa la relación con la calidad de la uva del régimen de temperaturas de la zona y de su uniformidad.
		C21	Régimen pluviométrico	Evalúa la relación con la calidad de la uva del régimen pluviométrico de la zona.
		C22	Horas de sol	Evalúa la relación con la calidad de la uva, y su incidencia en la maduración, del número de horas de sol.
		C23	Humedad relativa del aire	Evalúa la incidencia de la humedad relativa del aire en el equilibrio hídrico de la planta
	Características de las plantaciones	C24	Variedades	Evalúa la adaptación de la planta y de la variedad al suelo y bonifica si existe presencia mayoritaria de variedades propias
		C25	Edad cepas	Evalúa el efecto beneficioso de la mayor edad de las cepas
		C26	Densidad de plantación	Evalúa la idoneidad de la densidad de plantación existente a la necesaria para lograr los objetivos de calidad

La Figura 4 muestra la jerarquía de criterios de negocio identificados, descritos y agrupados en la Tabla 2. La Figura 5 muestra los pesos de los criterios obtenidos tras la realización de los cálculos con ayuda de Superdecisions. La Figura 6 muestra la priorización final de las alternativas.

En la Figura 5 se observa que los 7 criterios mejor valorados por el DM suman el 76,4% de su prioridad y son: Altitud (23,2%), Orientación (16%), Edad de las cepas (13,2%), Existencia de agua (9,5%), Perfil (5,6%), Estratigrafía del terreno (5,2%) y prestigio y reconocimiento de la DO (3,7%).

Figura 4. Jerarquía de criterios personales

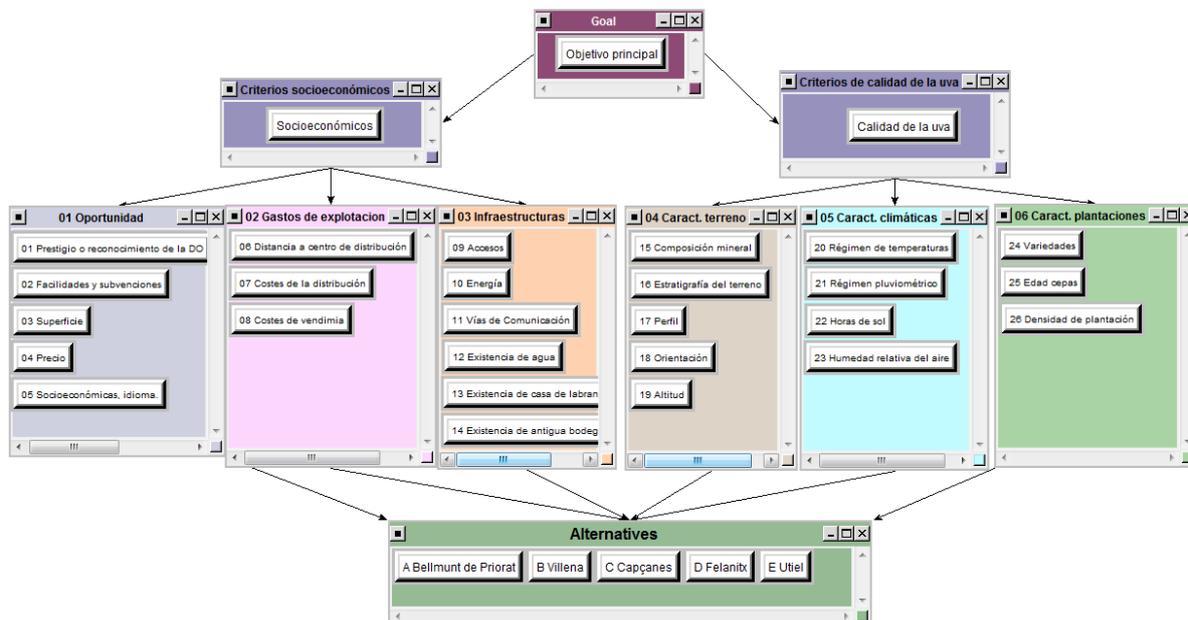


Figura 5. Ponderación de criterios. Jerarquía criterios personales

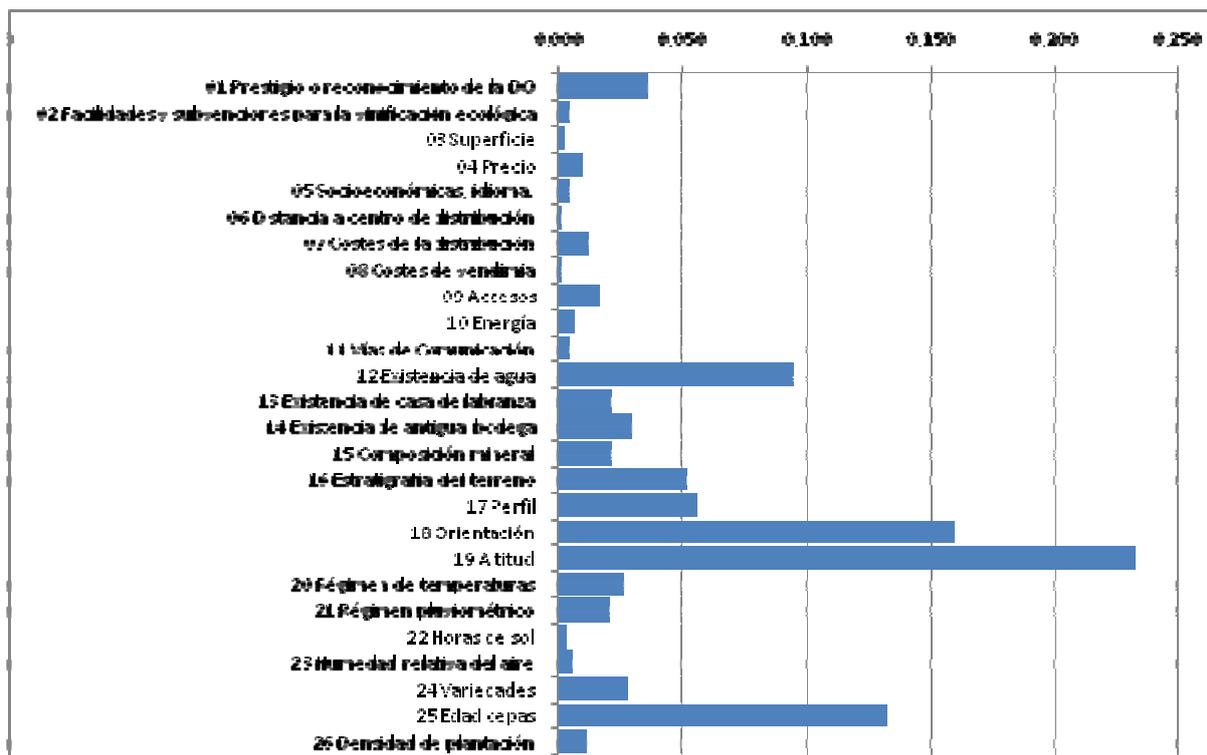
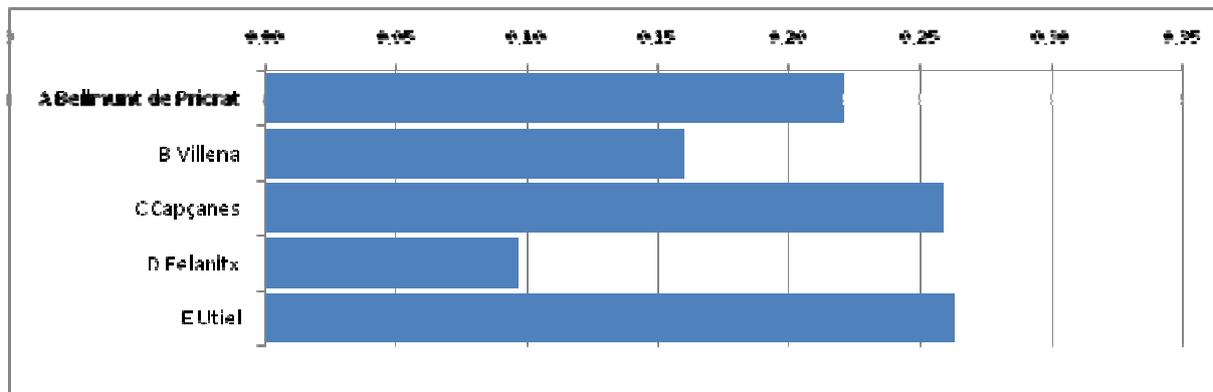


Figura 6. Valoración de alternativas. Jerarquía criterios de negocio.



En la Figura 6 se observa que la alternativa mejor valorada es Utiel (26,3%), seguida muy de cerca por Capçanes (25,9%) y a algo más de distancia por Bellmunt de Priorat (22,10%). Cabe destacar que en esta jerarquía Felanitx queda en la última posición, mientras que en la jerarquía de criterios personales queda en segunda posición, muy cerca de la primera.

### 3.3 Combinación de jerarquías

Con el fin de obtener una priorización final de alternativas teniendo en cuenta la combinación de prioridades obtenidas a partir de las dos jerarquías, se estableció una combinación entre las preferencias personales y las de negocio en función del peso asignado a cada una de las jerarquías, según la siguiente expresión:

$$V_{(A)} = w_P * V_{P(A)} + (1 - w_P) * V_{N(A)}$$

En la que:

$w_P$  es el peso de las expectativas de vida personales en la decisión final.

$V_{N(A)}$  es la valoración de cada alternativa en función de los criterios de negocio.

$V_{P(A)}$  es la valoración de cada alternativa en función de los criterios personales.

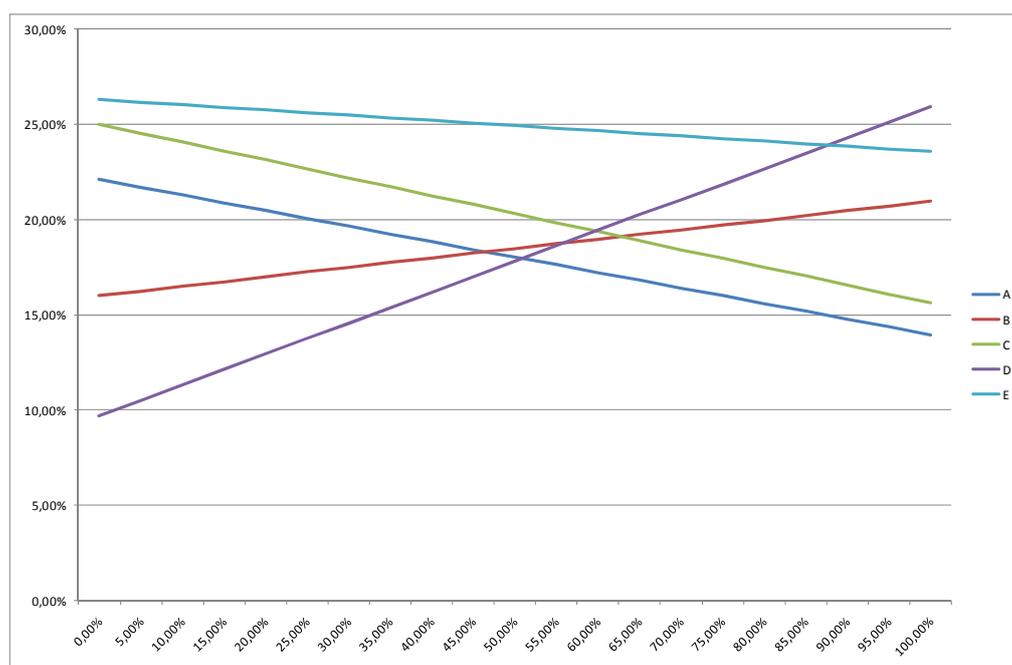
La Tabla 3 muestra los datos obtenidos en función del peso asignado a las preferencias personales. A partir de estos datos se ha obtenido la Figura 7 en la que se representa, en el eje de abscisas el peso relativo de las expectativas de vida personal en la decisión final, y en el de ordenadas la priorización de las alternativas.

**Tabla 3. Valoración final de las alternativas en función de la prioridad de los criterios personales o de negocio.**

	$V_N(X)$											
A	22,10%	21,69%	21,29%	20,88%	20,47%	20,06%	19,66%	19,25%	18,84%	18,43%	18,03%	
B	16,00%	16,25%	16,50%	16,74%	16,99%	17,24%	17,49%	17,73%	17,98%	18,23%	18,48%	
C	25,00%	24,53%	24,06%	23,59%	23,12%	22,66%	22,19%	21,72%	21,25%	20,78%	20,31%	
D	9,70%	10,51%	11,32%	12,13%	12,94%	13,75%	14,56%	15,37%	16,18%	16,99%	17,81%	
E	26,30%	26,16%	26,03%	25,89%	25,75%	25,62%	25,48%	25,34%	25,21%	25,07%	24,94%	
$w_P$	0,00%	5,00%	10,00%	15,00%	20,00%	25,00%	30,00%	35,00%	40,00%	45,00%	50,00%	

										$V_P(X)$
A	17,62%	17,21%	16,80%	16,40%	15,99%	15,58%	15,17%	14,77%	14,36%	13,95%
B	18,72%	18,97%	19,22%	19,47%	19,71%	19,96%	20,21%	20,46%	20,70%	20,95%
C	19,84%	19,37%	18,90%	18,43%	17,97%	17,50%	17,03%	16,56%	16,09%	15,62%
D	18,62%	19,43%	20,24%	21,05%	21,86%	22,67%	23,48%	24,29%	25,10%	25,91%
E	24,80%	24,66%	24,53%	24,39%	24,25%	24,12%	23,98%	23,84%	23,71%	23,57%
$w_P$	55,00%	60,00%	65,00%	70,00%	75,00%	80,00%	85,00%	90,00%	95,00%	100,00%

**Figura 7. Valoración final de las alternativas en función de la prioridad de los criterios personales o los criterios de negocio.**



En la Figura 7 se observa que la alternativa E (Utiel) es la más valorada hasta que el peso de los criterios personales alcanza aproximadamente el 87%. A partir de este peso, es decir si los criterios personales tienen un peso superior al 87% (aproximadamente) entonces la alternativa más valorada pasa a ser D (Felanitx). Se observa que esta alternativa es la última en preferencia en el intervalo de ponderación de los criterios personales comprendido entre 0 y 51% aproximadamente, es decir, si se tuviera en cuenta con mayor preferencia los criterios de negocio, esta alternativa no debería salir elegida. A partir de este peso Felanitx gana posiciones rápidamente para quedar en segunda posición en el intervalo de peso comprendido entre el 60% y el 87% aproximadamente. La Alternativa C (Capçanes) es la segunda más preferida hasta que el peso de los criterios personales llega al 60% aproximadamente. A partir de este peso pasa rápidamente a la tercera posición.

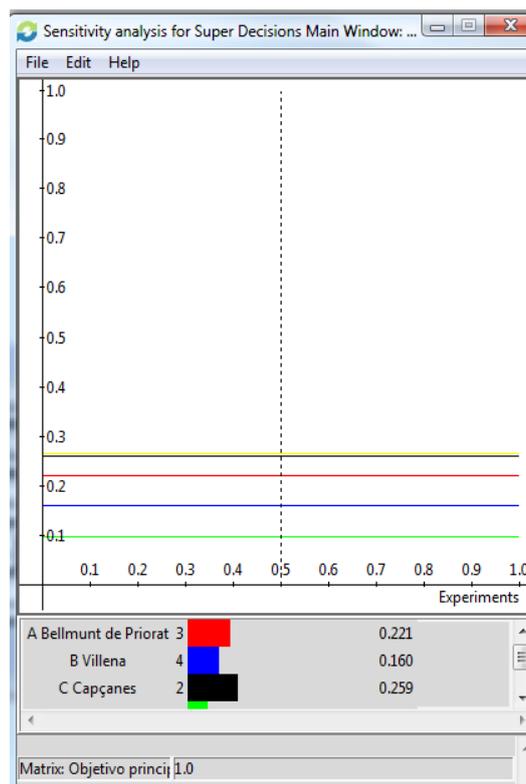
### 3.4 Análisis de sensibilidad.

Una vez obtenidos los resultados es conveniente realizar un análisis de sensibilidad para observar cómo pueden modificarse las ordenaciones obtenidas si se modifican los pesos de los criterios. Este análisis se llevó a cabo en las dos jerarquías planteadas. El procedimiento que se siguió fue el de ir progresivamente modificando uno a uno los pesos de los criterios (en varios pasos sucesivos), manteniendo fijos los demás y observar si se produce alguna modificación en la ordenación. El programa Superdecisiones permite realizar los cálculos de forma sistemática de manera que para cada criterio se puede modificar su peso desde un

valor inicial hasta uno final en varios pasos, fijados por el EA, obteniéndose una gráfica en la que se puede observar la evolución de las ordenaciones de las alternativas.

La Figura 8 muestra, a modo de ejemplo, el gráfico resultante cuando se modifica el peso del grupo de criterios socioeconómicos en la jerarquía de los criterios de negocio. Se observa que la ordenación es muy estable. Lo mismo ocurre con el resto de criterios en las dos jerarquías. Las variaciones que se observaron se produjeron cuando las modificaciones de algunos pesos eran muy grandes.

**Figura 8. Ejemplo de análisis de sensibilidad.**



#### 4. Conclusiones.

En el presente trabajo se presenta una aplicación del método AHP para ayudar a un inversor a decidir la ubicación de un viñedo para generar un vino de calidad. El método tiene la ventaja de que permite tener en cuenta de forma sistemática y con un sólido fundamento científico muchos criterios. El problema que se ha presentado tiene una gran complejidad conceptual por la cantidad de criterios que el DM, ayudado por un experto enólogo, consideró. Se han tenido en cuenta tanto criterios de negocio como criterios de preferencia personal y después se han agregado.

Hay que observar que hay una alternativa, Utiel, que sale en primer lugar en las dos ordenaciones. Esta alternativa sería la recomendada, salvo que los criterios personales tuvieran un peso inferior al 87%. Capçanes es también una buena opción, siempre que el peso de los criterios personales no supere el 60%.

El DM consideró el método muy útil porque le permitió poner en orden una gran cantidad de información que él mismo generó. Además provocó que tuviera que realizar una profunda

reflexión de una forma sencilla, ya que las preguntas que se le hacían a través de un cuestionario resultaban muy sencillas de responder.

Como desarrollos futuros se plantea aplicar el método ANP, que tiene en cuenta las influencias entre los elementos del problema.

## 5. Referencias.

Saaty, TL. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw-Hill.

Saaty, TL. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP*. RWS Publications. Pittsburgh.

Saaty, TL. (1996). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. RWS Publications. Pittsburgh.

Saaty, TL. (2001). *Decision making with independence and feedback: The Analytic Network Process*. RWS Publications. Pittsburgh.

Saaty, TL. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making. Why pairwise comparisons are central in Mathematics for the measurement of intangible factors. *The Analytic Hierarchy/Network Process. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Matemáticas (RACSAM)*, 102 (2), 183-191.

Vaidya, O., Kumar, S. (2006). Analytic Hierarchy Process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29

## Correspondencia (Para más información contacte con):

Pablo Aragonés-Beltrán  
Phone: + 34 96 387 98 60; Ext: 75651  
Fax: + 34 96 387 98 69  
E-mail: aragones@dpi.upv.es