

# REDUCCIÓN DE EMISIONES Y COSTES EN EL VIÑEDO: USO DE GENOTIPOS RESISTENTES A ENFERMEDADES FÚNGICAS

*Fernando Mestre Sanchís*

*fmestre@unizar.es*

*Escuela Politécnica Superior- Universidad de Zaragoza*

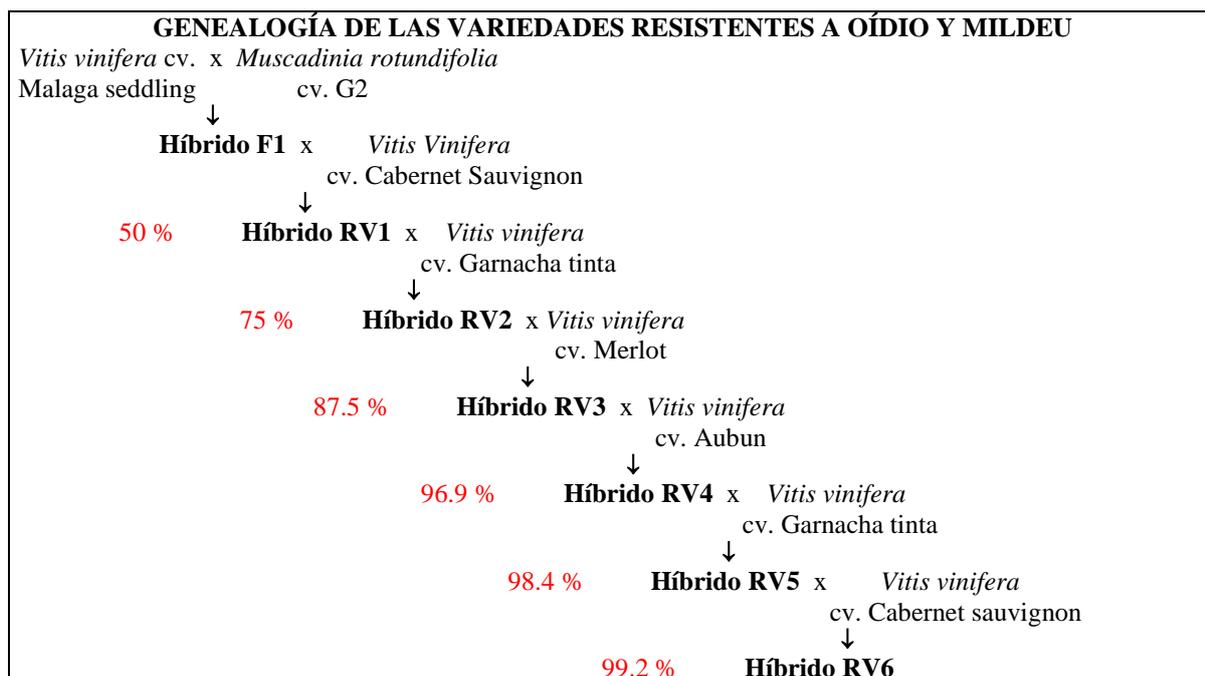
**Abstract:** Climate change supporting by Earth is a reality already producing damage. Human activities have been raising concentration of Greenhouse Gasses, increasing Global Warming. Agricultural activities contribute to gas emission by near 15 percent due to burning of fossil fuels, decomposition of organic matter and flaming biomass. Modern viticulture brought an increase of emissions, and higher costs. An elevated percentage of those devoted to control of fungi diseases. On the other hand, we should consider concern of consumers to negative effects of agrochemical on products quality, health and environment. Because of that, there seems to be necessary decrease products application to vineyards. The purpose of this work is to present and quantify ecological and economic advantages brought by using resistant varieties to fungi diseases at vineyard. Hybrids, from first crossing among European *Vitis vinifera* by American *Muscadinia rotundifolia* and successive retro crossing, with wine quality varieties, presents not only environmental advantages, due to decrease of Greenhouse emission, but also of economic character, because of reduction of the agrochemical products applied and costs decrease. Hybrids are obtained by conventional methods, without genetic engineering, what is an advantage to staying out of the current debate against organism genetically modified.

**Keywords:** Climate Change, Emissions, Costs, Viticulture, Hybrids.

## 1. INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XX en América se realizó un cruzamiento de un cultivar de *Vitis vinifera* con una especie autóctona, *Muscadinia rotundifolia*, que fue desechado por falta de cualidades vitícolas. Medio siglo después fue recuperado en Francia, pero fue rechazado por la mala calidad de los vinos. Aunque la variedad *Muscadinia rotundifolia* es una sección del género *Vitis* o género vecino de éste, entre ellas hay numerosas diferencias. La hibridación es complicada ya que tienen diferente número de cromosomas ( $2n=38$  en *Vitis vinifera* y  $2n=40$  en *Muscadinia rotundifolia*). Así, los híbridos F1 presentan una falta de homología entre los genomas que implica un desequilibrio genético en las plantas, presentando anomalías de desarrollo y fertilidad.

Desde 1974, el INRA desarrolla una investigación basada en retrocruzamientos sucesivos de este híbrido F1 con diferentes cultivares de *Vitis vinifera*, y en su posible resistencia frente a oídio y mildew. Tras seis retrocruzamientos se ha obtenido una resistencia total a oídio en *Vitis vinifera* (Figura 1). La resistencia a oídio es conferida por un gen dominante denominado *RUN 1* (Résistant a *Uncinula necator*), el cual se expresa de manera idéntica sobre hojas, frutos o ramas. Esta resistencia se presenta como una reacción de hipersensibilidad que aísla al hongo, rodeándolo de células muertas para impedir su desarrollo. Las plantas resistentes R5 (obtenidas en el quinto retrocruzamiento) están siendo evaluadas en campo por sus aptitudes culturales y la calidad organoléptica de su vino y actualmente varios descendientes R6 están en vivero, después de haber demostrado su resistencia a oídio. En cada paso se reduce en un 50 % con respecto al anterior la estirpe de *Muscadinia*, aumentando así el porcentaje de *Vitis vinifera*.



**Figura 1.** Mapa de cruzamientos. Elaborado por Alain Bouquet y colaboradores. INRA. 2005

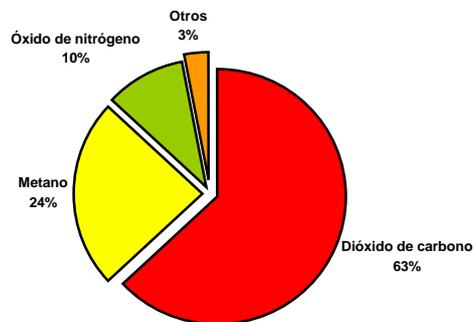
Actualmente, no se trabaja sobre este tema, pero si se consigue aislar el gen y conocer su secuencia, en el futuro se podrá introducir directamente en *Vitis vinifera*, transformando así la genética de variedades altamente sensibles, como pueden ser Tempranillo, Cabernet Sauvignon o Chardonnay, siempre conservando su tipicidad morfológica y organoléptica.

Aunque el objetivo de la investigación era la resistencia a oídio, se ha comprobado que los genotipos portadores del gen *RUN 1* presentan también resistencia a mildew, la cual es conferida por el gen *RPV 1* (Résistant *P. vitícola*), que se encuentra en el cromosoma 12, y recientemente se ha encontrado un segundo gen, el *RPV 2*, en el cromosoma 18. La investigación sobre estos híbridos deberá dar lugar a un material genético resistente a oídio y mildew, para reducir los tratamientos sobre estos hongos. De este modo, disminuirá el uso de carburantes y las emisiones en el viñedo (Bouquet, et al, 2000).

Actualmente, existe un amplio debate sobre organismos genéticamente modificados (OGM). Los proyectos de ingeniería genética buscan diversos objetivos, entre ellos reducir los costos de producción, con la introducción de genes de resistencia a plagas o enfermedades, o el incremento de la calidad del producto. Objetivos que se persiguen también con el uso de los híbridos aunque de esta forma se requiere mucho más tiempo y un mayor desembolso económico. Ambos casos suponen transferir genes, pero a través de la hibridación, este proceso se da de una forma natural.

Existe evidencia científica de que la temperatura media de la superficie terrestre aumenta debido a la mayor concentración de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esto se debe a la actividad humana, la quema de combustibles fósiles, al cambio del uso de la tierra y a la agricultura. En el siglo XXI, si no se toman medidas, la temperatura aumente entre de 1.5 y 5.5° C y el nivel del mar suba entorno a 0.5 m (Houghton, 2001).

Las consecuencias del cambio climático son múltiples: disminución de la productividad agrícola por causa de climas extremos, sequías y escasez de agua, pérdida de biodiversidad aumento del nivel del mar, y fenómenos climáticos extremos, etc. No todas las regiones serán afectadas por igual, pero en los países mediterráneos, se prevé que las precipitaciones que se registran en de verano sean entre un 20 y 40% más bajas en 2080, lo que afectará a la agricultura, los incendios forestales (Mestre F. 2003; Medio ambiente para europeos, 2005)



**Figura 2.** Gráfico Hadley Center CO<sub>2</sub> hace el principal aporte al calentamiento global

El dióxido de carbono es la principal fuente de GEI derivado de las actividades humanas (Figura 2). Su concentración en la atmósfera ha pasado de 200 ppm en la última glaciación, a las actuales 371 ppm. De no aplicarse políticas adecuadas para limitar y reducir las emisiones de estos gases, la concentración de dióxido de carbono podría situarse

entre 540 y 970 ppm en 2100 (IPCC 2001). El CO<sub>2</sub> es responsable de dos terceras partes del incremento del efecto invernadero (Houghton et al, 2001). Una disminución de la emisión de este gas en el cultivo de la vid en España, supondría una contribución a nivel global, ya que de las 4.310.000 ha cultivadas en Europa, 1.200.000 ha pertenecen a España, siendo el país con mas superficie cultivada a nivel mundial ([www.areadelvino.com](http://www.areadelvino.com) datos de FAO, 2003).

Utilizando la tecnología propuesta en este trabajo, se requieren menos productos fitosanitarios para el buen desarrollo del cultivo, por lo tanto se reduce la necesidad de maquinaria agrícola para su aplicación y con ello la cantidad de combustibles fósiles utilizada. Pero no sólo disminuye su uso como carburante, también como materia prima de la energía necesaria para manufacturar los productos químicos: producción, empaquetado, almacenaje y transporte.

La **disminución de la aplicación de agroquímicos** en el cultivo supone, además de una ventaja medioambiental importante, un beneficio económico muy significativo. El cultivo de la vid en España es importante en extensión, sólo superado por los cereales, los frutales y el olivar. Las enfermedades más significativas en la viña, a nivel epidemiológico y económico, son el mildu, que supone 11 millones de euros (53 %) y el oídio, con 7.5 millones (36.8 %). Ambas constituyen casi el 90 % del coste en el control de los problemas causados por hongos fitopatógenos (López Fernández J. A., 1998).

El mildu, (*Plasmopara vitícola*) existe en la mayoría de los países donde se cultiva la vid. Originario de América del Norte, fue introducido en Europa a finales del siglo XIX. La vid europea, *Vitis vinifera*, sensible a la enfermedad, propició su extensión por los viñedos europeos. Actualmente, es una de las enfermedades más destructivas de los viñedos. Afecta sobre todo a las hojas y también al racimo, y deprecia la calidad del vino. Provoca defoliación, reduce cantidad y calidad de granos de uva, y seca los nuevos brotes. Cuando las condiciones climatológicas son favorables para el desarrollo de la enfermedad, ésta puede llegar a destruir del 50 al 75 % de la cosecha (Agrios, 1997). La mayoría de las variedades europeas, necesitan ser protegidas mediante el uso de fungicidas para un control adecuado de la enfermedad. En España, el mildu es una enfermedad endémica en los viñedos de la zona del norte, donde la pluviometría es más abundante (López Fernández J.A., 1998).

El oídio, (*Uncinula necator*) también de América del Norte, apareció en Europa antes que el mildu. En España está extendido en los viñedos y su severidad es cada vez más acusada, debido en gran parte a la generalización del uso de variedades sensibles como Tempranillo, Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Mazuelo y Merlot (Pérez de Óbanos, 1996). Sus daños se ven en la superficie de los órganos verdes de la planta, pudiendo atacar a hojas, brotes y racimos. Es sobre los racimos, donde mayor daño causa y aunque puede darse sobre racimos en pre-floración, la receptividad óptima se da sobre racimos con frutos 5-7mm de diámetro. El crecimiento del grano se paraliza, toma un color blanquecino, luego vira a negruzco, y tiende a rajarse antes de llegar al envero. Las condiciones favorables para el hongo son el ambiente cerrado, con alta humedad relativa y temperaturas cercanas a 25°C (López Fernández J, 1998)

Además de las medidas culturales para reducir los efectos de la enfermedad (variedad, manejo del riego, deshojado, etc.) y de avances en el control biológico (Ej. antagónico *Ampelomyces sp.*) el peso principal del control de la enfermedad recae en los fungicidas. El control de oídio y mildu es eficaz con cobre y azufre, esto ocasionó en Francia, en 1999, gastos de aproximadamente 152 millones de euros, con una media de ocho tratamientos anuales (Bouquet, A. et al, 2000). La eficacia de los productos fungicidas se anula con la aparición de especies resistentes. Además el uso excesivo de cobre y azufre tiene efectos nocivos sobre el medio ambiente y la biología de los suelos. Así, la sustitución de tratamientos por variedades total o parcialmente resistentes a algunas enfermedades, pueden favorecer a la viticultura por su respeto por el medio ambiente.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

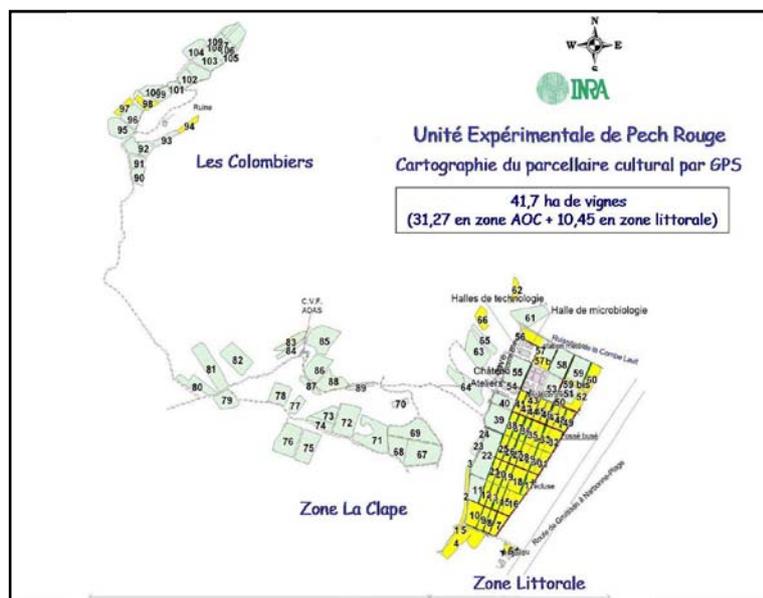
El trabajo se realizó en La Unidad Experimental de Pech Rouge, en siete parcelas representativas de diferentes zonas y variedades existentes en la unidad. Las características edafo-climáticas de tres zonas distintas, la Litoral, La Clape y la de "Les Colombiers"

- La zona litoral con 12 ha de viñedo, se extiende junto a la costa con una altura media de 2 m sobre el nivel del mar. Sus suelos son de arcillo-limosos a arenosos y no se encuentran bajo ninguna D.O. Las raíces son poco profundas debido a la presencia de un estrato salino y los rendimientos no exceden los 50hl/ha (6000 kg/ha).
- El macizo de La Clape pertenece a la D. O. Corbières. Se encuentra a una altura media de 40 m y sus suelos son calcáreos, de buena estabilidad estructural, y muy pedregosos. Los rendimientos medios no sobrepasan los 35 hl/ha (4500 kg/ha).
- "Les Colombiers" está situada a 100-120 m de altitud y también está enmarcada dentro de la D.O. Corbières. Sus suelos son pedregosos y calcáreo-limosos-arenosos. Relativamente profundos lo que permite unos rendimientos adecuados.

Se seleccionaron siete parcelas representativas de las diferentes zonas y variedades existentes. Las variedades de estas parcelas son Viognier, Syrah, Mourvèdre, Cariñena, Chardonnay y Garnacha tinta. A partir de datos obtenidos en la campaña 2004 recogidos en el cuaderno de trazabilidad de dicho año, se han realizado diferentes comparaciones.

En primer lugar se calcularon las emisiones con el método propuesto por de R. Lal (2004). En el caso de las labores, serán las emisiones producidas por la utilización de la maquinaria, y en el caso de fitosanitarios, las debidas al proceso de fabricación. Para hacer más fácilmente comparables los resultados se unifican todas las unidades existentes se convierten a kilogramos de carbono equivalente (Kg.CE). Así también, se ha realizado una comparación

de costes económicos (€/ha) de las operaciones de cultivo y los productos fitosanitarios, y calculo del tiempo empleado en las labores (h/ha) por parcela.



**Figura 3.** Mapa cartográfico de la Estación Experimental de Pech Rouge (INRA).

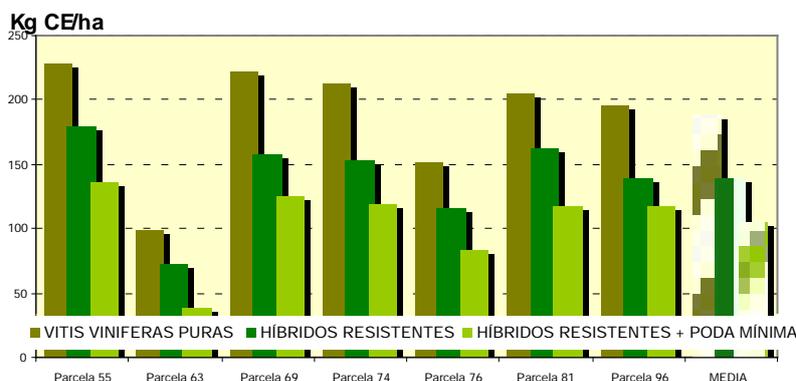
Se han realizado los mismos supuestos, comparando *Vitis viniferas* puras con híbridos resistentes a enfermedades fúngicas. En el cultivo de variedades resistentes se ha eliminado la aplicación de productos contra oídio y mildew, realizando solo las aplicaciones contra podredumbre gris, los tratamientos insecticidas y herbicidas. En los productos se han eliminado aquellos de

control de oídio y mildew, manteniendo el resto sin ninguna alteración. Para tener los beneficios totales, se han cotejado conjuntamente las operaciones de cultivo y los productos. Se ha comparado añadiendo al uso de variedades resistentes, un laboreo de conservación en la modalidad de poda mínima, eliminando la prepoda, la poda y la colocación de los pámpanos, realizadas actualmente en las parcelas de forma mecanizada, dejando sólo un despunte por parcela y año.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función de las tablas de trazabilidad, donde se encuentran reflejadas todas las labores realizadas y productos utilizados durante la campaña 2004, y haciendo la simulación en cada una de las parcelas seleccionadas, con el uso de los híbridos resistentes y la incorporación de la poda mínima, se han obtenido los siguientes resultados.

Las **emisiones**, medidas en Kg. CE/ha, disminuye con la utilización de genotipos resistentes, debido a la reducción del número de operaciones de cultivo realizadas. Con la utilización de la poda mínima, las emisiones son menores, debido a la eliminación de las labores de poda, prepoda y emparrado. Mientras que para el uso de variedades resistentes, la reducción es de un 4.6 %, incorporando la poda mínima se alcanza una reducción media del 35 %.

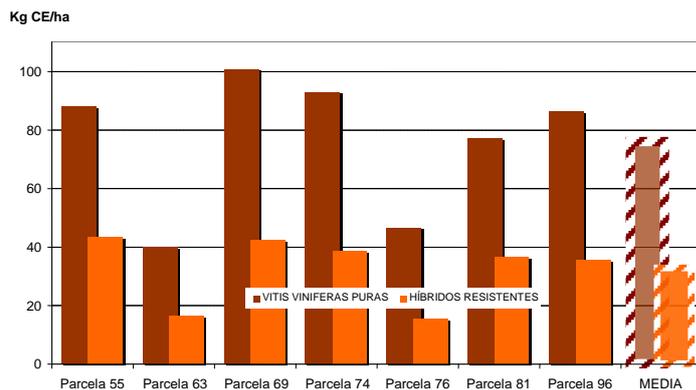


**Figura 4.** Emisiones (Kg. CE/ha) producidas por los tratamientos fitosanitarios

Las reducciones obtenidas varían según la parcela, en las que el número de labores y la cantidad de aplicaciones fitosanitarias varía según la variedad

cultivada. Por ello encontramos reducciones tan significativas como la de la parcela 63, en el caso de la utilización de genotipos resistentes y poda mínima. En esta parcela no hay trabajo de suelo, hay pocos tratamientos sanitarios y por ello la eliminación de dos podas y un emparrado supone una reducción de la emisión de carbono de más del 60 %.

En cuanto a las emisiones de los productos fitosanitarios utilizados, medidas en kg CE/ha, se encuentran los resultados en valores absolutos de la figura 4. La reducción alcanzada es importante, un 57 %. En este caso, los resultados de la utilización de híbridos resistentes, trabajados con poda convencional son los mismos que si se incorpora la poda mínima, debido a que los productos aplicados en cada parcela no varían.

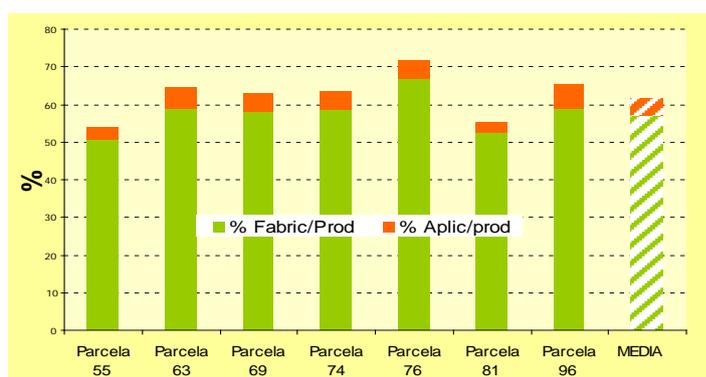


**Figura 5.** Emisiones (kg CE/ha) de operaciones de cultivo y fitosanitarios

Si se calcula conjuntamente la tasa de emisiones debidas a las labores practicadas y a los tratamientos aplicados, se obtiene una reducción de un 25 % para el uso de variedades resistentes, y un 44 % para las mismas, en poda mínima.

Las **operaciones de cultivo** se reducen con el uso de los genotipos resistentes, obteniendo una media de 11 %. Esta reducción se duplica si se introduce una poda mínima, dando lugar a un 22 % de reducción.

Las reducciones varían por parcela, por ejemplo, la más alta con un 18 %, la en la parcela 96. Debido a que la variedad, Garnacha tinta, es sensible a mildew, y con el híbrido resistente, la aplicaciones de fitosanitarios disminuyen. Por otro lado, las parcelas cultivadas con la variedad Syrah, 63 y 76, presentan reducción menor, debido a que es menos sensible a los ataques de oídio y mildew (Domaine de Vassal, 2004). La reducción media de las siete parcelas es de un 11 %, cifra que aumenta hasta un 19% si incorporamos la poda mínima.



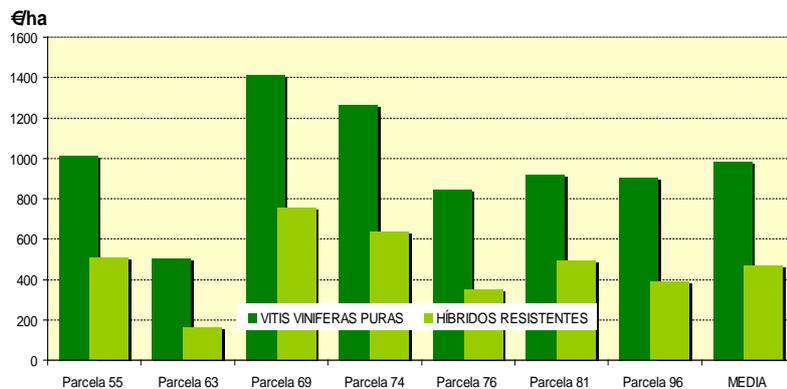
**Figura 6.** Reducción de emisiones por fabricación y aplicación de fitosanitarios

En el caso de los productos fitosanitarios utilizados, el beneficio económico del uso de variedades resistentes es mucho más significativo, llegándose a obtener una reducción media del 52 %. En este apartado se debe señalar que el empleo de la poda mínima no

varía el número de productos utilizados. Por lo tanto los resultados obtenidos para el uso de los genotipos resistentes, serían los mismos que si se incorporara la poda mínima.

La diferencia de los productos aplicados en las distintas parcelas. Por ejemplo, Nº 69, cultivada con la variedad Mourvèdre, presenta el mayor gasto en productos por ser sensible, además de a oídio y mildew, a botritis y al ataque de ácaros e insectos (Domaine V, 2004). El

porcentaje de reducción de esta parcela, es el más bajo. Por otro lado, si nos fijamos en la parcela 63, cultivada con Syrah, se aprecia que es donde menos tratamientos se aplican, y la que tiene mayor reducción con variedades resistentes.

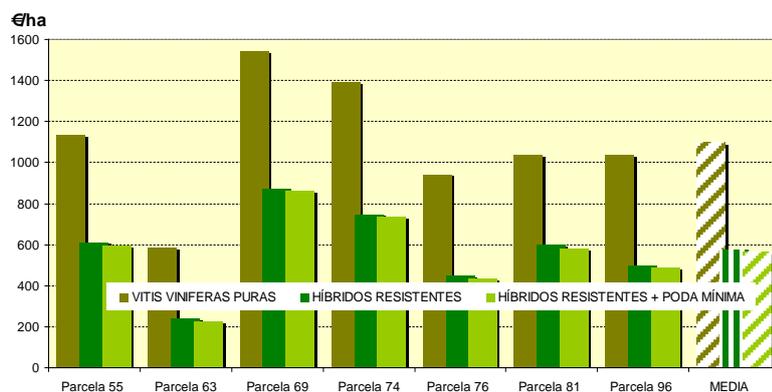


**Figura 7.** Coste (€/ha) de los tratamientos fitosanitarios

Se obtiene una reducción del 47 % con el uso de híbridos resistentes, y de un 49 % en el caso de laboreo con poda mínima. La reducción entre poda convencional y poda mínima, no parece significativo en este caso. Esto es debido al alto porcentaje

resultante en la reducción del coste de los productos utilizados, que al unirlo al porcentaje de las labores, hace que éste no resulte demasiado significativo.

El coste total de las labores y los productos para superficie analizada es de 7674 €, el ahorro con las variedades híbridas resistentes sería de 3660 € y si se añade la poda mínima 3753 €. Estas cifras pueden suponer un ahorro de 495 €/ha-año para los híbridos resistentes y de 507 €/ha-año si se incluye poda mínima.



**Figura 8.** Coste (€/ha) de operaciones de cultivo y de tratamientos fitosanitarios

La media del **tiempo empleado** es de 156 horas/ha con el cultivo de las variedades actuales. Si utilizamos las variedades híbridas, baja a 144 horas/ha, lo que supone una reducción de más del 7 %. Pero si

incorporamos la poda mínima, el tiempo medio por hectárea se reduce considerablemente, un 61 %, siendo necesarias solamente 61 horas de trabajo por hectárea. Esta cifra se aproxima a la cifra de 50 h/ha/año mecanización integral que en el sur de Francia es posible alcanzar, siendo así muy competitivo en los costes de producción (Carbonneau A. 2005).

## 5. CONCLUSIONES

La técnica, presentada en este trabajo, supone una contribución y una pauta a seguir en la lucha contra el cambio climático. La obtención de variedades resistentes a enfermedades fúngicas es un mero ejemplo de cómo, desde la agricultura, y en concreto desde la viticultura, se pueden buscar medidas para comenzar a hacer frente a este problema.

Los genotipos híbridos resistentes a enfermedades fúngicas disminuye la cantidad agroquímicos necesarios para el cultivo. Al eliminar las actuaciones contra oídio y mildew, se reduce, además de la cantidad de productos, el tiempo de maquinaria necesario para su

aplicación, disminuyendo el consumo de combustibles fósiles, como carburante y como materia prima de la energía en el proceso de manufacturación de los productos. Las emisiones de carbono se reducen en valores significativos. Sólo con los genotipos resistentes, se obtiene un descenso de algo más de un 4% en las operaciones de cultivo más el 57% de emisiones derivadas de la fabricación de esos productos fitosanitarios. Si incorporamos una poda mínima, disminuyen las emisiones en un 35 %.

Económicamente el beneficio es muy significativo. Mientras que en el coste de las labores de cultivo la reducción alcanza el 11%, en el caso de los productos fitosanitarios se pueden ahorrar hasta 510 € por ha y año, (52 %). En conjunto, se obtiene una reducción del 47% con respecto de variedades no resistentes. Si a los híbridos, se añade la práctica de la poda mínima, los resultados son aún más significativos. La rebaja de los tiempos por parcela, es significativa (7%), con los híbridos resistentes, y muy significativa (61%) sí se añade la poda mínima. Esta cifra resulta de gran importancia si se tiene en cuenta, además del costo del cultivo, la dificultad actual de disponer de mano de obra.

**Agradecimientos:** Al Ministerio de Ciencia y Tecnología (España) por la financiación del proyecto (2004-2007) *Cambio Climático y Viticultura. Estrategias, Adaptación y potencialidad del Sector Vitícola para la Reducción de Emisiones.*

A Lorena Corbacho por su trabajo realizado en la Unidad de Pech Rouge durante su pasantía.

## BIBLIOGRAFÍA

**Areadelvino.com** sobre base de datos de la FAO, 2003

**Bouquet A.**, et al. 2000. Vers l'obtention de variétés de vigne résistantes à l'oïdium et au mildiou par les méthodes conventionnelles et biotechnologiques. *Progrès Agricole et Viticole*, 2000, 117, N° 18, 383-389.

**Carbonneau A.**, 2005. La taille minimale: Peter's story. *Progrès Agricole et Viticole*, 2005, 122, N° 8, 173-174.

**Fiches Variétales.** Domaine de Vassal (INRA). 2005.

**Groupe** Institut Coopératif du Vin, 2005. "Fiche Technique: Taille minimale" Département Vignes & Vins. Décembre 2005.

**Hadley Center**, 2005. Climate change and the greenhouse effect.

**Houghton J.** et al., 2001. The science of global warming. *Interdisciplinary Science Reviews*, 26, 247-257.

**IPCC** Climate change 2001: The scientific basis.

**Lal R.**, 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment Int* Vol. 30, N° 7 981-990.

**López Fernández J. A.** 1998. Funguicidas de utilización vitícola. Novartis Agro S.A., Departamento I+D. 1998.

**Bouquet Alain** et al. Mapa de cruzamientos INRA. 2005.

**Martínez de Toda F.**, Sancha J. 1999. Comportamiento viñedo V. vinifera Cv. Garnacha durante 9 años de poda mínima en Rioja. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* Vol. 14 /1-2

**Mestre Sanshís F.** 2003. Integración del Cambio Climático en los Procesos de Decisión Agraria: Una aplicación multicriterio a la comarca de Los Monegros. TD FCEE Universidad de Zaragoza.

**Pérez de Óbanos J.J.**, 1996. "Desarrollo y control del oídio (*Uncinula necator*) en distintas variedades de vid". *Phytoma España*. 1996. 83, pp.129-136.

**Tassie E.**, Freeman B.M., 1992. "Pruning", en *Viticulture, Volume II, Practices*, edited by B.G. Coombe and P.R. Dry. Ed. Winetitles, 1992. Pp.66-84.