



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**Escuela Técnica Superior
de
Ingenieros Agrónomos y de Montes**

**MEJORA DE LA TECNOLOGÍA DE LA
PULVERIZACIÓN DE PRODUCTOS
FITOSANITARIOS SOBRE PLANTACIONES
DE VID EN ESPALDERA**

TESIS DOCTORAL

**Andrés Porrás Soriano
Ingeniero Agrónomo**

Córdoba, 2006

A mis padres, a mis hermanos y a mi abuela.

ÍNDICE GENERAL

Índice general	página
Resumen.	
Abstract.	
1.- Objetivos de la tesis.	1
2.- Importancia de la vid y del vino.	5
3.- Control químico de plagas, enfermedades y malas hierbas.	12
4.- Principales plagas y enfermedades de la vid.	28
5.- Procesos de infección por hongos que atacan los tejidos vegetales aéreos.	75
6.- Principios de la aplicación por pulverización de productos fitosanitarios.	80
7.- Métodos de evaluación de la distribución y de la persistencia de las aplicaciones de productos fitosanitarios.	115
8.- Diseño, proyecto y construcción de prototipo de pulverizador de tipo túnel.	129
9.- Desarrollo de software para cuantificación de la calidad de distribución del producto fitosanitario sobre las hojas de vid.	144
10.- Ensayos del prototipo.	148
11.- Resultados.	158
12.- Discusión de los resultados.	166
13.- Conclusiones.	173
14.- Agradecimientos.	176
15.- Bibliografía.	178
16.- Publicaciones realizadas con esta tesis.	192

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1.- Umbral de tratamiento de la Piral en la variedad Airén en Castilla La Mancha.

Tabla 4.2.- Duración del ciclo del Mildiu en función de la temperatura y de la humedad relativa.

Tabla 4.3.- Tanto por ciento diario de desarrollo del Mildiu (Tabla de Goidanich).

Tabla 4.4.- Plagas y enfermedades de la vid y principal método de control.

Tabla 6.1.- Exigencias de los diferentes tipos de tratamientos.

Tabla 6.2.- Variación con la presión de las características de la población de gotas.

Tabla 6.3.- Distancia recorrida a la deriva por las gotas (Velocidad del aire 10 Km/hora; altura de caída 2 m).

Tabla 10.1.- Valores de la pendiente de la recta correspondiente a cada marcha.

Tabla 10.2.- Velocidades de desplazamiento del tractor y marcha necesaria para aplicar la dosis de 200 l/ha.

Tabla 11.1.- Valores medios de los porcentajes de superficie de las cartulinas hidrosensibles cubiertas con los impactos de las gotas de pulverización.

Tabla 11.2.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el pulverizador en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas.

Tabla 11.3.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el atomizador en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas.

Tabla 11.4.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el nebulizador en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas.

Tabla 11.5.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el prototipo en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas.

Tabla 11.6.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el pulverizador en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas.

Tabla 11.7.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el atomizador en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas.

Tabla 11.8.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el nebulizador en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas.

Tabla 11.9.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido con el prototipo en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas.

Tabla 11.10.- Análisis comparativo de medias del porcentaje de recubrimiento conseguido con las distintas máquinas a 0.1 Mpa.

Tabla 11.11.- Análisis comparativo de medias del porcentaje de recubrimiento conseguido con las distintas máquinas a 0.3 Mpa.

Tabla 11.12.- Análisis comparativo de medias del porcentaje de recubrimiento conseguido con las distintas máquinas a 0.6 Mpa.

Tabla 11.13.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el pulverizador en las cartulinas de papel hidrosensible.

Tabla 11.14.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el atomizador en las cartulinas de papel hidrosensible.

Tabla 11.15.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el nebulizador en las cartulinas de papel hidrosensible.

Tabla 11.16.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el prototipo en las cartulinas de papel hidrosensible.

Tabla 11.17.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento y sus correspondientes valores mínimos y máximos, obtenidos en las cartulinas de papel hidrosensible con las cuatro máquinas, trabajando a 0.1 Mpa.

Tabla 11.18.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento y sus correspondientes valores mínimos y máximos, obtenidos en las cartulinas de papel hidrosensible con las cuatro máquinas, trabajando a 0.3 Mpa.

Tabla 11.19.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento y sus correspondientes valores mínimos y máximos, obtenidos en las cartulinas de papel hidrosensible con las cuatro máquinas, trabajando a 0.6 Mpa.

Tabla 11.20.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento obtenidos en el conjunto de las cartulinas de papel hidrosensible coloreadas en el haz de las hojas con las cuatro máquinas a las diferentes presiones de trabajo utilizadas en el ensayo.

Tabla 11.21.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento obtenidos en el conjunto de las cartulinas de papel hidrosensible coloreadas en el envés de las hojas con las cuatro máquinas a las diferentes presiones de trabajo utilizadas en el ensayo.

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Superficie vitícola de las regiones de más importancia vitícola de los países miembros de la U.E.

Figura 2.2.- Producción de vino en la Unión Europea, en España y en Castilla La Mancha.

Figura 2.3.- Superficie vitícola de las regiones españolas.

Figura 2.4.- Producción de vino + mosto en Castilla La Mancha.

Figura 2.5.- Evolución de la producción total de vino en Castilla La Mancha.

Figura 2.6.- Importancia económica de los sectores agrarios.

Figura 2.7.- Viñedo típico en Castilla La Mancha.

Figura 2.8.- Emparrado para producción de uva de mesa.

Figura 3.1.- Mercado mundial de productos fitosanitarios.

Figura 4.1.- Polilla del racimo (*Lobesia botrana*).

Figura 4.2.- Adulto de Polilla.

Figura 4.3.- Ataque de la primera generación.

Figura 4.4.- Larva de Polilla de primera generación.

Figura 4.5.- Ataque de segunda y tercera generación.

Figura 4.6.- Agalla de Filoxera en hojas.

Figura 4.7.- Larvas de Piral en hojas.

Figura 4.8.- Crisálida de Piral.

Figura 4.9.- Adulto de Piral.

Figura 4.10.- Puesta de Piral en hoja.

Figura 4.11.- Hembra y macho de araña amarilla común.

Figura 4.12.- Lesiones de araña amarilla en hojas.

Figura 4.13.- Defoliación provocada por un ataque intenso de araña amarilla.

Figura 4.14.- Detalle de protuberancias en hojas.

Figura 4.15.- Síntomas de Erinosis en hojas de vid.

Figura 4.16.- Mancha de aceite.

Figura 4.17.- Síntomas de Mildiu en hojas.

Figura 4.18.- Mancha esporulada.

Figura 4.19.- Deseccación parcial de las hojas.

Figura 4.20.- Racimo afectado de Mildiu.

Figura 4.21.- Detalle de Mildiu en racimo.

Figura 4.22.- Manchas de Oidio en sarmiento.

Figura 4.23.- Ataque de Oidio en racimo.

Figura 4.24.- Cleistotecios en el caquis.

- Figura 4.25.- Esclerocios de Botrytis en sarmiento.
- Figura 4.26.- Botritis en uva.
- Figura 4.27.- Síntomas de Eutipa en madera.
- Figura 4.28.- Lesiones de Yesca en cepa.
- Figura 4.29.- Síntomas de la Enfermedad de Petri en corte transversal y longitudinal del tronco.
- Figura 4.30.- Síntomas de Excoriosis.
- Figura 6.1.- Detalle de trabajo de las modernas máquinas.
- Figura 6.2.- Hongo penetrando por un tricoma.
- Figura 6.3.- Forma de una gota depositada sobre una superficie plana.
- Figura 6.4.- Variación con la presión del tamaño de gotas y del porcentaje de recubrimiento.
- Figura 6.5.- Influencia del tamaño de gota en el recubrimiento foliar.
- Figura 6.6.- Sistemas para la reducción de la deriva.
- Figura 6.7.- Esquema de pulverizador semisuspendido.
- Figura 6.8.- Pulverizador manual de tipo mochila.
- Figura 6.9.- Pulverizador suspendido accionado por la toma de fuerza.
- Figura 6.10.- Moderno depósito de pulverizador suspendido al tractor.
- Figura 6.11.- Depósito, boca de llenado y detalle de elementos.
- Figura 6.12.- Bomba de tres pistones con detalle de sección.
- Figura 6.13.- Esquema y sección de bomba de membrana.
- Figura 6.14.- Bomba centrífuga.
- Figura 6.15.- Bomba de rodillos.
- Figura 6.16.- Bomba aspirante-impelente.
- Figura 6.17.- Pulverizador con bomba dotada de acumulador de membrana y detalle del mismo.
- Figura 6.18.- Esquema de manómetro.
- Figura 6.19.- Sistema electrónico de control.
- Figura 6.20.- Distribuidor 2/4 de corredera longitudinal.
- Figura 6.21.- Barra pulverizadora para cultivos bajos.
- Figura 6.22.- Barra para plantas de porte medio.
- Figura 6.23.- Barra para frutales arbóreos.
- Figura 6.24.- Aplicador tipo lanza y detalle de la pulverización.
- Figura 6.25.- Boquilla de tipo hélice y detalle de la pulverización.
- Figura 6.26.- Boquilla de tipo hendidura y detalle de la pulverización.
- Figura 6.27.- Boquilla de tipo espejo y detalle de la pulverización.
- Figura 6.28.- Boquilla de tipo filar.

- Figura 6.29.- Esquema de distribuidor centrífugo pulverizador y detalle del funcionamiento.
- Figura 6.30.- Detalle de sistema antigoteo.
- Figura 6.31.- Atomizador semisuspendido al tractor.
- Figura 6.32.- Direccionamiento del aire según la orientación de los deflectores.
- Figura 6.33.- Nebulizador.
- Figura 8.1.- Esquema de prototipo construido.
- Figura 8.2.- Esquema I.S.O. del equipo hidrostático del prototipo.
- Figura 8.3.- Perspectiva del bastidor.
- Figura 8.4.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche y husillo de apoyo.
- Figura 8.5.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo y rodadura.
- Figura 8.6.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura y depósito.
- Figura 8.7.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito y estructura de soporte de túneles.
- Figura 8.8.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito, estructura de soporte de túneles y túneles.
- Figura 8.9.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito, estructura de soporte de túneles, túneles y equipo hidrostático.
- Figura 8.10.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito, estructura de soporte de túneles, túneles, equipo hidrostático y boquillas.
- Figura 8.11.- Perspectiva del conjunto del prototipo de pulverizador de tipo túnel.
- Figura 8.12.- Detalle del bastidor, bomba, enganche al tractor y junta cardan de accionamiento de la bomba.
- Figura 8.13.- Detalle de regulador de presión y de distribución.
- Figura 8.14.- Detalle de filtro de llenado y de agitador hidráulico.
- Figura 8.15.- Detalle de bastidor de soporte de túneles.
- Figura 8.16.- Detalle de túneles, de enganche a la estructura soporte, de fijación de lonas y de conexión de boquillas.
- Figura 8.17.- Detalle de boquilla y de sus elementos.
- Figura 8.18.- Proceso de montaje de túneles.
- Figura 8.19.- Aspecto general del prototipo de pulverizador de tipo túnel.
- Figura 8.20.- Detalle de pulverización del prototipo.

- Figura 8.21.- Trabajo en campo del prototipo.
- Figura 9.1.- Detalle de colocación de cartulinas de papel hidrosensible.
- Figura 10.1.- Esquema de la plantación en la que se realizaron los ensayos.
- Figura 10.2.- Detalles de colocación de cartulinas hidrosensibles.
- Figura 10.3.- Prototipo construido para el ensayo.
- Figura 10.4.- Pulverizador.
- Figura 10.5.- Atomizador.
- Figura 10.6.- Nebulizador.
- Figura 10.7.- Detalle de colocación de las cartulinas de papel hidrosensible en el exterior y en el interior de las plantas de vid.
- Figura 10.8.- Prototipo de pulverizador de tipo túnel.
- Figura 10.9.- Pulverizador con cinco boquillas por rampa.
- Figura 10.10.- Atomizador con cinco boquillas por rampa.
- Figura 10.11.- Nebulizador con cinco boquillas por rampa.

RESUMEN DE LA TESIS

RESUMEN DE LA TESIS.

Las muy variadas formas de penetración de los hongos aéreos en las plantas cultivadas, y la tecnología de la aplicación de los productos fitosanitarios de contacto mediante pulverización, obligan a pensar en un elevado número de impactos por centímetro cuadrado de las minúsculas gotas que se pulverizan sobre las plantas, como mejor forma de protegerlas contra la invasión de estos hongos. Son numerosos los expertos que así lo exponen en sus trabajos.

Hay quienes preconizan como ideal, cuando de fungicidas de contacto se trata, la formación de una fina película de producto fitosanitario sobre la superficie vegetal. Esto, sin duda, con los métodos actuales de aplicación de productos, no deja de ser una forma utópica de presentar un concepto en el que, con buena lógica, todo el mundo está de acuerdo.

Cuando se hace una aplicación fitosanitaria sobre una planta, agricultores y técnicos se preguntan a continuación cómo ha sido el recubrimiento de la superficie vegetal que se ha conseguido. En la práctica, sólo de forma cualitativa, los más avezados son capaces de distinguir entre la calidad de unos y otros tratamientos, evidentemente son formas muy subjetivas, y pocos son capaces de establecer criterios verdaderamente objetivos de distinción.

La respuesta a esta pregunta tiene gran importancia pues, de la calidad de un tratamiento, depende en gran parte su eficacia.

Establecer criterios objetivos y medibles de la calidad de distribución de los tratamientos fitosanitarios sobre las plantas, puede permitir, además de mejorar la utilización de los productos, incidir en las características de utilización y de diseño de las máquinas usadas en la protección de cultivos.

Con este trabajo de tesis doctoral se ha pretendido hacer aportaciones que permitan, de forma objetiva, clara y práctica, mejorar la calidad de las aplicaciones fitosanitarias y permitir su cuantificación.

La gran variabilidad de cultivos y de productos fitosanitarios ha obligado a centrarse en un cultivo. Se ha escogido uno de tanta raigambre e importancia económica y social en nuestro país como es el viñedo.

Se han estudiado los distintos métodos de aplicación de productos fitosanitarios mediante pulverización desarrollados hasta el momento, se han analizado y estudiado tratando de entender sus ventajas e inconvenientes, y se han examinado los métodos que permiten determinar la calidad de la distribución de los tratamientos fitosanitarios.

Los resultados de estos trabajos han llevado al diseño, proyecto, construcción y ensayo de un prototipo de pulverizador de tipo tunel y al desarrollo de una metodología que permite estudiar en tiempo real la calidad de aplicación de los productos fitosanitarios.

Con el prototipo construido, con el método de cuantificación de la calidad de las aplicaciones fitosanitarias desarrollado y con los ensayos realizados en esta tesis se han obtenido resultados que permiten, además de cuantificar la influencia de la presión de trabajo en la calidad de los tratamientos fitosanitarios, establecer diferencias de comportamiento entre diferentes tipos de máquinas pulverizadoras y regular en campo la maquinaria de aplicación de productos fitosanitarios, de forma que el tratamiento resulte altamente eficaz.

Se han abierto nuevos horizontes en la protección de la vid contra sus plagas y enfermedades, y los principios establecidos, al ser aplicables a otras plantas cultivadas, aconsejan la continuación de esta línea de investigación.

THESIS ABSTRACT

THESIS ABSTRACT

Given the different methods by which airborne fungi penetrate cultivated plants, and given the spraying technology available for applying contact-type crop protection products, the best defence against these pathogens is to ensure that sprayed plants receive a high number of fungicide droplets per unit area. This has been proposed by many experts.

Some authors suggest that optimum results could be obtained if contact fungicides were to form a fine film on the plant surface; an idea that enjoys consensus of opinion. However, with the application methods currently available this remains somewhat Utopian.

After having applied a product to a crop, growers and technicians are always faced with the question of how well they have covered the treated surface. Only the most experienced are able to distinguish between the quality of one treatment and another, and then usually only qualitatively. Very few are able to establish any objective criteria.

Being able to answer this question is, however, extremely important since the efficacy of a crop protection product depends on the quality with which it is applied. The establishment of objective criteria that measure the quality of the distribution of these products could certainly contribute towards their better use, and could also influence the design of machinery used in the protection of crops.

The aim of this doctoral thesis was to determine practical ways in which the quality of the application of crop protection products can be objectively measured and improved. The work performed focuses on the protection of the grapevine - a crop of great social and economic importance in Spain.

The methods available for defining the spraying quality of plant protection products are studied and their advantages and disadvantages discussed. The techniques for determining the quality of distribution achieved by these methods are also examined.

The result of this work was the design, construction and testing of a prototype tunnel sprayer and the development of a methodology allowing application quality to be studied in real time. This required the digitalisation of images of water-sensitive paper strips, which were then analysed using an *ad-hoc* artificial polychromatic vision system to determine the percentage coverage achieved by spray droplets. Analysing the number of blue points – the impact points of the droplets - on the originally yellow water-sensitive paper allowed the percentage leaf surface that would be covered by a fungicide applied by the prototype sprayer to be determined. This technique was developed and tested in vineyards in which the vines grew on trellises.

The results obtained demonstrated the influence of the spraying pressure, and established differences in the coverage achieved by different types of sprayer. They allow the regulation of sprayers in the field, and therefore could help achieve the maximum leaf coverage possible.

This work opens up new avenues for the protection of grapevines against disease and pests. However, the principles established could also be applied to other crops, suggesting further work should be performed in this area.

Capítulo 1

OBJETIVOS DE LA TESIS

1.- OBJETIVOS DE LA TESIS

Diversos son los factores que han contribuido a la realización de esta tesis doctoral. De entre ellos caben destacar: la importancia del viñedo, la reducción de la utilización de productos fitosanitarios y de la contaminación ambiental, la mejora de la calidad de las aplicaciones fitosanitarias mediante pulverización y el incremento de la eficiencia de los pulverizadores.

La correcta aplicación de productos fitosanitarios mediante pulverización, requiere una amplia gama de conocimientos biológicos, agronómicos, mecánicos y medioambientales, que no actúan independientemente, sino que han de ser simultáneamente conjugados.

Para ejecutar con solvencia esta técnica, es necesario, además de tener en cuenta las plagas y enfermedades de la vid y su relación con el cultivo, los principios de funcionamiento de las máquinas de aplicación de productos fitosanitarios y sus repercusiones medioambientales.

Estas premisas, que han sido y siguen siendo ampliamente aceptadas, son las que han hecho que la aplicación mediante pulverización de productos fitosanitarios haya evolucionado y cambiado, hasta el punto que muchas de sus lacras más profundas han desaparecido, o están en vías de hacerlo. Tal es el caso de la aplicación de grandes volúmenes de líquido por hectárea, que superaba incluso los 1000 L/ha, o los problemas de deriva, con riesgo de contaminación ambiental, y con sus consiguientes peligros para las personas, para los animales, para el medio ambiente y para otros cultivos.

Hoy se puede considerar que la aplicación de productos fitosanitarios es una técnica de alta precisión que tiene en cuenta los riesgos y los beneficios de su utilización, y que, gracias a ella, ha desaparecido de la mente de los agricultores la ansiedad que suponía la posibilidad de ver cercenada su cosecha en cantidad y/o calidad por los efectos de los enemigos naturales de sus cultivos (Porras-Piedra y Porras-Soriano, 2001).

Aunque en la protección de cultivos ha habido notables progresos, potenciar ideas y trabajos que aporten soluciones y contribuyan a mejorar la calidad sólo puede hacerse mediante la investigación de nuevos productos y la mejora de las técnicas de aplicación.

Este trabajo de tesis doctoral se ha dedicado a la mejora de las técnicas de aplicación de productos fitosanitarios. Para ello se ha diseñado, proyectado, construido y ensayado un prototipo de pulverizador de tipo túnel, especialmente concebido para viña cultivada en espaldera. Dicho prototipo se ha desarrollado teniendo en cuenta los aspectos biológicos, agronómicos, mecánicos y medioambientales necesarios para hacer las aplicaciones con la precisión y puntualidad que exige esta forma de viticultura.

Se han estudiado las plagas y enfermedades de la vid y su incidencia en el cultivo, los principios de la aplicación mediante pulverización de productos fitosanitarios, los principios de funcionamiento de las máquinas de aplicación de dichos productos, así como los principios básicos para evitar la deriva, por ser una de las principales causas de la contaminación ambiental ocasionada por la aplicación de productos fitosanitarios.

El prototipo construido se ha ensayado y comparado con los modelos comerciales más frecuentes (pulverizador, atomizador y nebulizador). Para evaluar y comparar la calidad de las aplicaciones, se ha desarrollado un software que permite, mediante técnicas de visión artificial, evaluar de forma rápida, con alta precisión y libre de todo tipo de subjetivismo, el porcentaje de superficie vegetal cubierta tras la aplicación de productos fitosanitarios. Ambos resultados de esta tesis doctoral, el prototipo, porque mejora la calidad de la distribución de los productos fitosanitarios sobre las plantas, y el software, porque permite evaluar de forma rápida y precisa la calidad de la pulverización, aportan innovaciones notables. Además, el prototipo es una máquina muy simple y económica que mejora los resultados obtenidos con las máquinas comerciales, y el sistema de visión artificial desarrollado permite llevar a cabo la regulación en campo, prácticamente en tiempo real, de las máquinas de aplicación para conseguir una perfecta regulación de las máquinas de aplicación de productos fitosanitarios.

Para la elaboración de esta tesis doctoral se ha seguido el siguiente plan de trabajo:

- *Estudio de la importancia de la vid y del vino.
- *Estudio de los conceptos básicos del control químico de plagas, enfermedades y malas hierbas.
- *Estudio de las plagas y enfermedades del cultivo de la vid.
- *Estudio de los procesos de infección por hongos que atacan tejidos vegetales aéreos.

- *Estudio de los principios de la aplicación de productos fitosanitarios mediante pulverización.
- *Estudio de los métodos de análisis de la calidad de las aplicaciones mediante pulverización de productos fitosanitarios.
- *Diseño, proyecto y construcción del prototipo de pulverizador de tipo túnel.
- *Desarrollo de software para cuantificación mediante visión artificial de la calidad de las aplicaciones de productos fitosanitarios.
- *Ensayos de laboratorio y de campo.
- *Resultados.
- *Conclusiones.

Capítulo 2

IMPORTANCIA DE LA VID Y DEL VINO

2.- IMPORTANCIA DE LA VID Y DEL VINO

2.1.- Datos de la vid y del vino

El cultivo de la vid se extiende desde las orillas del Mediterráneo hasta zonas situadas próximas a los 20° latitud norte. En el mundo se cultivan 5,62 millones de hectáreas, siendo Europa, con una superficie de 3,5 Mha, el continente que más superficie dedica al cultivo del viñedo. España, Italia y Francia son los países de mayor producción vitícola del mundo.

La superficie de viñedo de las regiones de mayor importancia vitícola de los países miembros de la Unión Europea es la que se presenta a continuación:

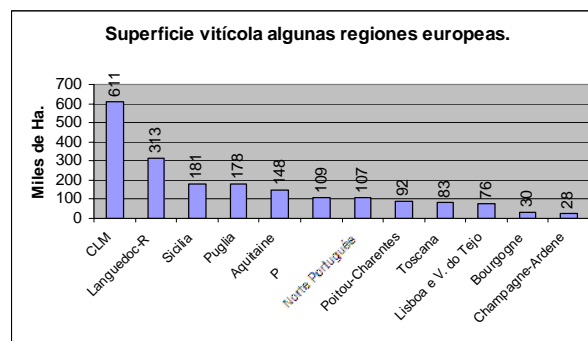


Fig 2.1.- Superficie vitícola de las regiones de más importancia vitícola de los países miembros de la U.E.

La importancia del sector vitivinícola español en general, y del viñedo de la región castellano-manchega en particular, se demuestra considerando que la superficie dedicada a este cultivo en España es de 1,5 millones de ha, y sólo en Castilla-La Mancha es de más de 600.000 ha, lo que representan el 7,7 % del viñedo mundial y el 17 % del viñedo europeo. La superficie dedicada a viñedo en las regiones españolas es la que se presenta en el siguiente diagrama:

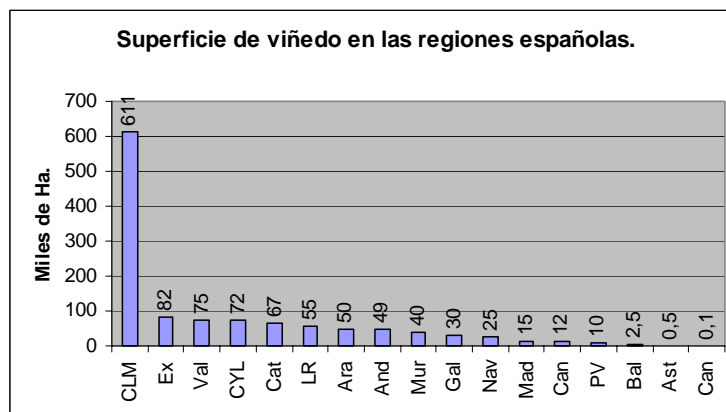


Fig 2.2.- Superficie vitícola de las regiones españolas.

En España el número de viticultores censados es de 150.000, el de bodegas es de 555 y el de cooperativas de 220, las cuales producen el 70 % del vino.

La producción de vino en la Unión Europea, en España y en Castilla-La Mancha, en los años 2003 y 2004, fue la siguiente:

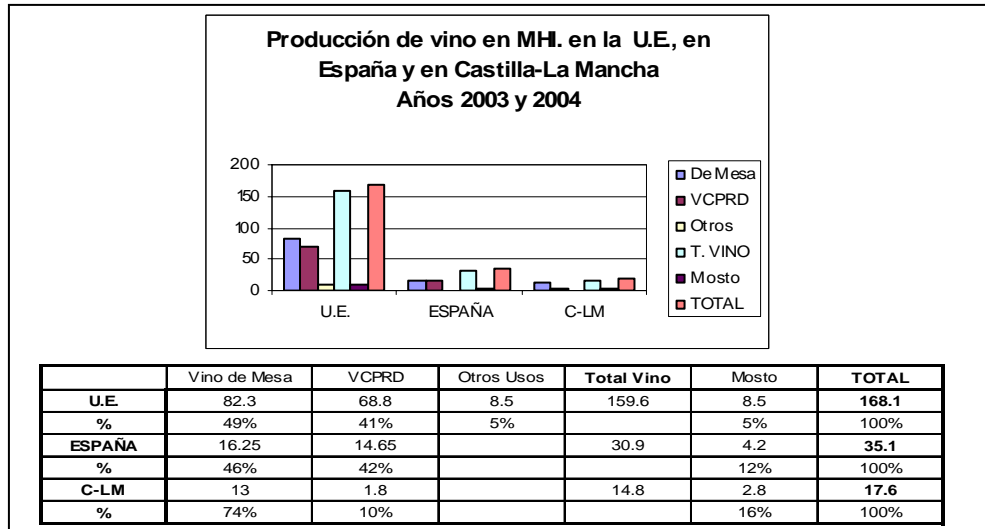


Fig 2.3.- Producción de vino en Europa, en España y en Castilla-La Mancha.

La evolución de la producción de vino + mosto en Castilla-La Mancha es la que a continuación se presenta:

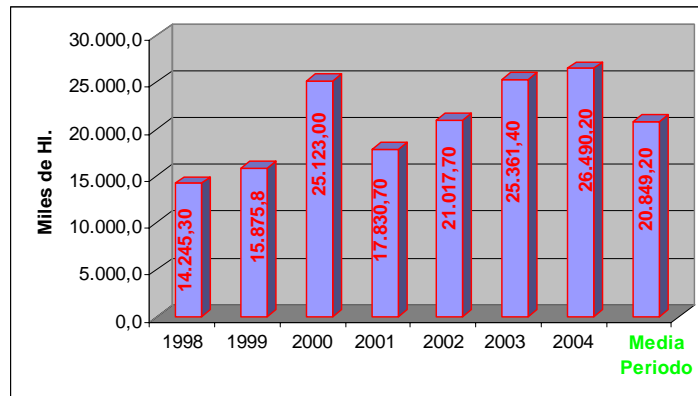


Fig 2.4.- Producción de vino + mosto en Castilla-La Mancha.

La evolución de la producción total de vino en Castilla-La Mancha según categorías es la que se presenta en el siguiente diagrama:

Nota: VCPRD es un vino que poseyendo características cualitativas especiales, cuenta con una norma en la que se delimita el área vitícola en la que se lleva a cabo su producción y cuyo nombre geográfico sirve para designarlos. Las normas de producción serán aprobadas mediante Orden de la Consejería de Agricultura. Las áreas de producción de vcprd podrán dar lugar a vcprd distintos, con exigencias progresivas, permitiendo optar, en cada campaña, a la calificación más acorde.

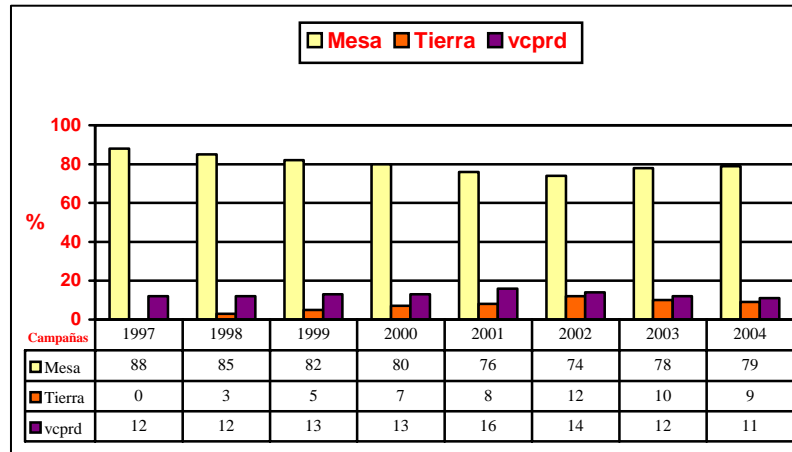


Fig 2.5.- Evolución de la producción total de vino en Castilla-La Mancha

La importancia económica del viñedo en la producción de la agricultura de Castilla-La Mancha se presenta en el siguiente diagrama:

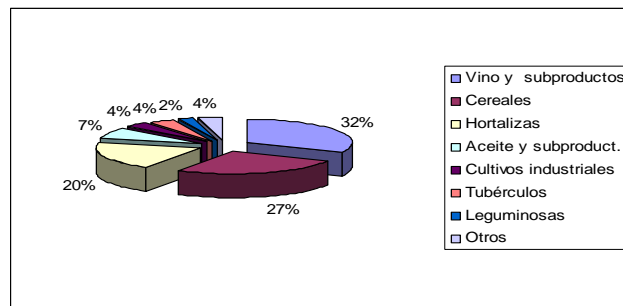


Fig 2.6.- Importancia económica de los sectores agrarios

2.2.- Regulación del mercado

El futuro del sector vitivinícola de Castilla-La Mancha, como parte integrante del sector agrario, está ligado a la comercialización de las diferentes producciones que lo componen y al crecimiento sostenido de las rentas del propio sector vitivinícola, el cual dependerá fundamente de su habilidad para regular su oferta de mosto, de vino para destilar, de vino de base y de vino de calidad diferenciada, en función de las demandas del mercado. Existe una creciente corriente de opinión en Europa que transfiere a los propios productores la responsabilidad de asumir esta función de regulación.

El alcohol de uso de boca, alcohol vínico, es una de las producciones más tradicionales de la región, donde se concentra una parte muy significativa de la industria europea. Es una producción que proporciona la base de los excelentes brandys españoles, y de numerosas bebidas espirituosas tanto españolas como europeas y extracomunitarias. Del funcionamiento eficaz de las medidas contempladas en la OCM

para asegurar la producción de alcohol de boca, depende la supervivencia de un subsector íntimamente ligado a la producción vítica, que contribuye decisivamente a la mejora del valor añadido de las producciones y a la regulación del mercado.

La oferta de vino de calidad se ha duplicado en los últimos años gracias a los vinos de la tierra. En el caso del vino tinto la oferta de vino de calidad se está acercando al 40% del total.

La producción de mosto tiene interesantes expectativas en el comercio internacional que no están suficientemente explotadas en la OCM. Para incrementar su eficacia como medida reguladora, la fecha de inicio de la ayuda al almacenamiento privado debería adaptarse a la de la producción de mosto y, consecuentemente, adelantarse. Asimismo, parte de la reducción del gasto que se derivara del éxito de los Planes de Reestructuración debería dedicarse paulatinamente a incentivar más la producción de zumo y a incentivar la utilización de los mostos concentrados y rectificadas para el incremento del grado alcohólico de determinados vinos.

Se observa un incremento de las producciones debido fundamentalmente al progreso técnico y también al rejuvenecimiento de los viñedos, y aunque en no pocos casos es inevitable que el aumento de las producciones vaya ligado a una disminución de la calidad de la uva, y por consiguiente a una disminución de las cualidades del vino, en este caso es preciso indicar que las modernas técnicas enológicas han cambiado un hecho tan típico, pudiendo afirmar que hoy se producen vinos de alta calidad y excelentes cualidades.

Lógicamente son los grandes países productores los mayores consumidores. Así, en Francia se consumen 65.5 litros por habitante y año, en Italia 60.5, en Portugal 60 y en España 43,3.

Aunque el consumo ha disminuido en los últimos años, esta disminución ha afectado a los vinos de poca calidad, ya que, por el contrario, el consumo de vino de calidad aumenta de forma constante.

2.3.- Características del viñedo español

El viñedo español, aunque en cuanto a superficie cultivada, es el de mayor extensión del mundo, en cambio, su producción es muy baja, ya que tan sólo ofrece unos rendimientos medios del orden de 25 a 30 Hl/ha.

La parte más importante del viñedo español está fundamentalmente formada por plantaciones destinadas a la producción de vino, las cuales ocupan el 96% de la superficie total de viñedo. La práctica totalidad se cultiva en secano, sólo un 4-5% en regadío, ya que la legislación española ha prohibido durante años el riego de los viñedos dedicados a la producción de uva para transformación (vinos, mostos, zumos y pasas).

Salvo excepciones, el viñedo español se desarrolla como cultivo único, dándose sólo asociación de cultivos en terrenos pobres, poco fértiles, sin riego, secos o semiáridos, pedregosos, arenosos, de poca profundidad y en suelos francos con baja densidad de plantación, con unas 1.865 cepas/ha, en este caso debido al clima y a la profundidad del suelo, que son factores determinantes del potencial vegetativo.

Los viñedos han venido siendo conducidos en formas libres y bajas, con podas cortas, pero, en la actualidad, no se concibe otra forma de cultivo que la de plantaciones en espaldera, las cuales permiten desarrollar, además de la recolección mecanizada de la uva, pues la recolección manual presenta las limitaciones y problemática de la mano de obra que hoy día se da en todo el país, la mecanización del resto de las faenas de cultivo y establecer nuevos criterios en lo que a protección fitosanitaria se refiere.



Figura 2.7.- Viñedo típico de Castilla – La Mancha.

Una característica de los viñedos españoles es la avanzada edad, con una media que supera los 30 años. Si a esto se añade el régimen de la propiedad y los bajos rendimientos en producción de uva, aunque manifiestamente crecientes, consecuencia de unas mejores condiciones de cultivo y medios de producción, se comprenderá la importancia que tiene en este cultivo el estudio de los factores de producción.

Una elevada proporción de viñedos está inscrita en las Denominaciones de Origen, de las cuales en España existen 39, además de 5 provisionales, 2 Denominaciones específicas, una delimitada a la producción de Cava y una Denominación de Origen de uvas de mesa. En Castilla-La Mancha las Denominaciones

de Origen existentes son siete: Almansa, La Mancha, Mérida, Valdepeñas, Jumilla, Mondejar y Ribera del Júcar.

El viñedo de vinificación, que en otro tiempo se dedicaba en un 85% a vinos blancos, se está reconvirtiendo hacia la producción de tintos con denominación de origen, ya que el 90 % del vino que se consume a nivel mundial es tinto. La región castellano - manchega, en la que el 90% de los caldos que se producen son blancos, está obligada a una reorientación de la producción. La nueva OCM del vino, con los planes de reestructuración del viñedo, supondrá para Castilla-La Mancha la adaptación a las demandas del mercado. Además, en Castilla-La Mancha el 30% del vino que se produce es a granel, un vino que se vende a otras regiones a bajo precio y con el que se producen muy buenos caldos. Hay que aumentar la venta de vino embotellado y dejar de producir vino a granel, para ello tendrán que ser las bodegas, como de hecho está ocurriendo, quienes inviertan en mejorar sus infraestructuras.

La superficie dedicada a uva de mesa es de unas 54.000 ha, localizadas fundamentalmente en Levante, Almería y Badajoz. Las variedades más cultivadas son Moscatel, Ohanes, Roseti, Chelva, Italia, Cardinal y Aledo. Las uvas son exportadas en gran cantidad hacia otros países de la U.E.



Figura 2.8.- Emparrado para producción de uva de mesa.

Capítulo 3

**CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS, ENFERMEDADES
Y MALAS HIERBAS**

3.- CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALAS HIERBAS

La lucha contra los enemigos de los cultivos con productos químicos ha adquirido, gracias al desarrollo de la química orgánica, una amplitud considerable, hasta tal punto, que hoy son numerosos los agricultores y técnicos que no conocen otros medios de protección de cultivos. Las industrias químicas se han especializado en la fabricación y en la investigación de moléculas nuevas, los constructores de maquinaria agrícola perfeccionan los equipos necesarios para la ejecución de los tratamientos y, las estaciones oficiales, organizan servicios de aviso para que las aplicaciones se efectúen en el momento en que su eficacia sea mayor, ya que, con frecuencia, los tratamientos químicos constituyen una parte muy importante en los gastos de producción y, en muchos casos, de su correcto empleo depende principalmente el éxito de un cultivo.

Con la denominación de productos fitosanitarios se conocen todas aquellas sustancias y preparaciones diversas que se utilizan para la protección y mejora de las producciones agrícolas, así como para la preservación de las cosechas ya recolectadas, con la excepción de fertilizantes o nutrientes vegetales. También son conocidos con el nombre de pesticidas y plaguicidas, si bien, actualmente, se tiende más a llamarlos productos fitofarmacéuticos o agrofarmacéuticos.

La necesidad de los productos fitosanitarios es tal que, sin ellos, la producción mundial de alimentos no podría mantenerse y la posibilidad de alimentar a la población mundial del siglo XXI sería utópica con una agricultura desprovista de medios para luchar contra insectos, malas hierbas, ácaros, hongos, etc.

Aún con los medios actuales, se calcula que la producción de alimentos está disminuida en un tercio por causa de las plagas, enfermedades y malas hierbas, y en los países atrasados esta proporción de pérdidas es aún mayor.

Según cálculos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), si se impidiera el uso de productos fitosanitarios en los países avanzados el precio de los alimentos aumentaría en más del 70% y se incrementaría el hambre en el mundo en proporciones todavía más alarmantes y catastróficas.

Los daños más graves se producen en los cultivos extensivos, ya que el cultivo de muchas hectáreas con una sola especie vegetal facilitan la dispersión y multiplicación de los parásitos.

La estricta calidad que hoy exige el consumidor en los alimentos, sobre todo en los empaquetados, envasados y elaborados, justifica también la utilización de estos productos. Las faltas de calidad más aparentes, aunque no las más graves, son las debidas a la presencia de insectos, sus larvas o sus restos, lo que provoca un rechazo inmediato.

Otra razón importante para el uso de fitosanitarios es la necesidad de combatir enfermedades en el hombre y en el ganado transmitidas por insectos, como son, la malaria, tifus, fiebre amarilla, etc. En el mundo había unos 100 millones de enfermos de malaria cuando la OMS impulsó una campaña para combatir la enfermedad por exterminación de los mosquitos, mediante masivas aplicaciones de Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT). En pocos años, la malaria se redujo a pocos millones en más de 30 países y quedó erradicada en 20 años más. Cuando en una Convención Internacional se decidió la interrupción del uso del DDT, muchos países firmaron el convenio y, como consecuencia, en algunos de ellos, como la India, al cabo de cinco años, los casos de malaria alcanzaron la cifra de varios millones y sus gobiernos tuvieron que rectificar la prohibición.

Otras razones que favorecen el consumo de productos fitosanitarios son de orden económico. Se calcula que, por término medio, cada euro gastado en su aplicación, produce un beneficio adicional de cuatro euros.

La importancia económica de los productos fitosanitarios queda demostrada sabiendo que en 1970, el mercado mundial de fitosanitarios fue inferior a 10.000 millones de euros, mientras que en 2005 superó los 26.000 millones de euros (Figura 3.1) (AEPLA 2004).

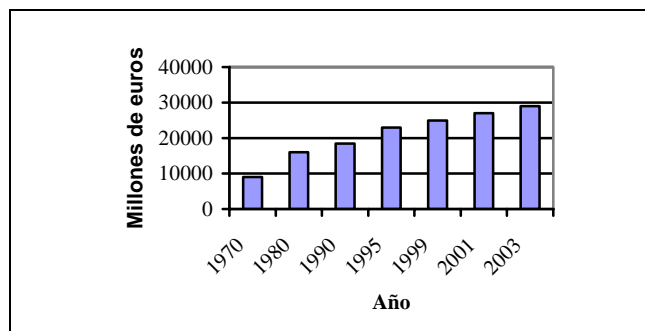


Figura 3.1.- Mercado mundial de productos fitosanitarios.

Estados Unidos, Japón y Francia son los tres mercados más importantes, ocupando España la décima posición a nivel mundial (Figura 3.2) (AEPLA 2004).

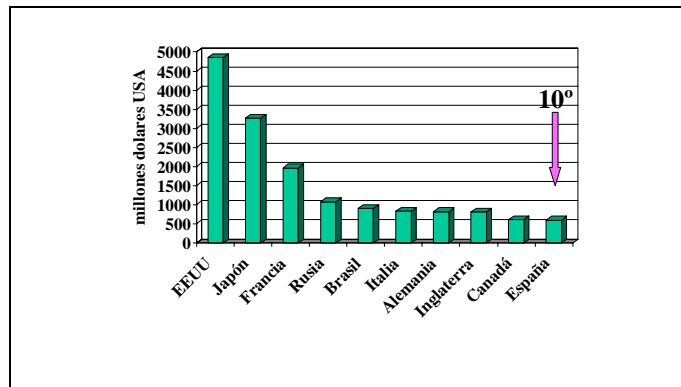


Figura 3 2.- Los mercados más importantes de productos fitosanitarios.

En los países de Europa occidental, el mercado de productos fitosanitarios registró un descenso real del 2,1% en 1999. Fue la segunda vez que esto ocurrió desde 1990. El primer caso lo suscitó el abandono de tierras de labor debido a la reforma de la Política Agraria Común (entre 1991 y 1993). El segundo caso lo produjo la adopción de estrategias de reducción de costes por parte de los agricultores ante la decreciente rentabilidad de las explotaciones.

En España las ventas en los últimos años han vivido un índice de crecimiento estable a excepción de 1999, año en el que todas las familias de productos sufrieron un descenso del 3,46% debido a unas condiciones agroclimáticas un tanto atípicas, con una primavera particularmente seca. En el año 2000 se volvió a la tendencia estable con un crecimiento del 1,11% en ventas respecto a 1999 (AEPLA 2004).

Por Comunidades Autónomas, en la actualidad Andalucía está a la cabeza en ventas de productos fitosanitarios con un 32,25% del mercado nacional, seguida de la Comunidad Valenciana con un 15,49%, de la Comunidad Murciana, que ocupa el tercer lugar, con un 9,55%, y de la Comunidad Catalana, en cuarto lugar, con el 9,36% del mercado. Sin embargo, en el gasto por hectárea de productos fitosanitarios en las autonomías, se sitúa en cabeza Canarias, con más de 240 €/ha, seguida muy de lejos por la Comunidad Valenciana, con tan sólo algo más de 102 €/ha (AEPLA 2004).

El mercado español de productos fitosanitarios, a diferencia del mercado europeo y por claros motivos climáticos, la familia de productos de mayor consumo en España es la de insecticidas (36%), que incluye también acaricidas y nematocidas,

seguida de herbicidas (31%), de fungicidas (22%) y de otros productos (11%) que incluyen fitoreguladores, molusquicidas y varios.

En la actualidad, y posiblemente en el futuro, la agricultura no se concibe sin la utilización de productos fitosanitarios, pero, junto a las enormes ventajas que tiene la utilización, el uso de productos fitosanitarios puede crear problemas graves, entre los que cabe destacar: resistencias del parásito, destrucción de auxiliares o antagonistas, creación de desequilibrios biológicos difíciles de resolver, así como problemas toxicológicos para el aplicador, para el consumidor y para el medio ambiente, así como alteración de la calidad de los alimentos.

Los productos fitosanitarios son, en su mayoría, muy caros, fundamentalmente debido a que su puesta a punto constituye un proceso laborioso y de gran coste económico. Sirvan como argumentos considerar que sólo una de cada 12.000 materias activas de partida llegan a comercializarse, que los procesos de investigación y desarrollo previos a la puesta a disposición del mercado de una nueva materia activa, supone un periodo de 6-10 años de trabajo y que el coste de una nueva materia activa en sus procesos de investigación y desarrollo suponen alrededor de 50 millones de euros.

Como son caros, es necesario sacar de ellos su máximo potencial, lo cual, además de las propias características del producto, está fuertemente condicionado por otra serie de factores, entre los cuales se pueden destacar: el momento de aplicación, la forma como se aplica y las condiciones climáticas durante o posteriores a su aplicación (hay productos que no actúan si la temperatura es menor de 12-14° C; otros son fitotóxicos a temperaturas superiores a 30° C, etc.

La formulación de un producto fitosanitario, cuando sale al mercado ha sido suficientemente contrastada como para permitir un eficaz control del enemigo del cultivo para el que ha sido diseñado. Sólo una inadecuada conservación o el repetido uso de la misma sustancia activa pueden reducir su eficacia. Pero, existen factores ajenos a la formulación, como son los ya indicados, el momento de realizar el tratamiento y la calidad de la aplicación, que también pueden incidir. Para establecer el momento oportuno de aplicar el producto, es necesario hacer un seguimiento del desarrollo del parásito, de la fenología del cultivo y de las condiciones ambientales, lo que indica el carácter eminentemente localista y variable de un programa de protección fitosanitaria.

Todos estos datos indican que la humanidad no puede prescindir de productos para la lucha contra plagas, enfermedades y malas hierbas, y que, a pesar de sus grandes inconvenientes, fundamentalmente toxicidad y daños al medio ambiente, su uso es necesario. Así pues, son necesarias medidas para disminuir ambos riesgos, lo que conlleva, entre otras, al desarrollo de nuevas tecnologías de aplicación que permitan un aprovechamiento óptimo de los productos fitosanitarios. Así se ha procedido en el desarrollo de esta tesis doctoral.

La calidad de aplicación de un tratamiento fitosanitario, aspecto sobre el que se ha venido trabajando mucho en los últimos años, exige que el producto quede uniformemente distribuido sobre la superficie vegetal para ejercer su acción protectora o curativa.

El ideal de calidad de una aplicación mediante pulverización de productos fitosanitarios, debido a la gran variabilidad de mecanismos de infección y de ataque que pueden presentar los parásitos vegetales, es la formación de una barrera química continua y uniforme sobre la superficie vegetal. Antiguamente, para conseguirlo se aplicaban grandes dosis de líquido fitosanitario por hectárea. Pero hoy, por criterios tanto económicos como ecológicos, la tendencia es reducir la dosis a aplicar.

Los productos fitosanitarios, según su forma de actuación sobre la planta, pueden clasificarse en cuatro tipos: de contacto, penetrantes, sistémicos y mesostémicos. Los de contacto forman una barrera química sobre la superficie vegetal. Son protectores. Los penetrantes actúan de manera que una parte de ellos forma una barrera química sobre la superficie vegetal y la otra parte penetra en el interior del vegetal, en las primeras capas de tejido. Son protectores y curativos. Los sistémicos actúan de manera que una parte forma una barrera química sobre la superficie vegetal y otra parte penetra en el interior del vegetal llegando hasta los vasos conductores por donde se mueve de forma sistémica en la corriente de transpiración. Generalmente, la mayoría de los productos presentan sistemía ascendente moviéndose vía xilema. Algunos tienen sistemía descendente moviéndose por el floema, y sólo unos pocos tienen doble sistemía, ascendente y descendente. Son protectores y curativos. Los mesostémicos, que representan una nueva forma de actuar, penetran una parte de ellos en el vegetal, donde pueden difundirse hasta alcanzar la parte opuesta de la hoja, lo que se conoce como efecto translaminar y otra parte se distribuye a cortas distancias hacia zonas no tratadas mediante movimientos superficiales en fase de vapor y redeposición.

Desde que un producto fitosanitario sale de la boquilla del pulverizador, hasta que la cosecha que ha protegido llega al consumidor, una parte no desdeñable de producto se pierde, y las causas son muy variadas: gotas que no alcanzan su objetivo, pérdidas por goteo, por lavado, por evaporación y por deriva. La parte del producto fitosanitario que queda sobre el vegetal constituye los residuos del producto fitosanitario o de sus metabolitos.

Los residuos de productos fitosanitarios son todas las sustancias que se encuentran en los alimentos para consumo humano o de animales como consecuencia del empleo de un producto fitosanitario que han podido quedar en la cosecha, ya sea en la capa exterior (cutícula) o en el interior de los órganos vegetales (Coscollá, R. y Gamón, M., 2001).

Con el fin de proteger la salud de los consumidores los poderes públicos de los distintos países han adoptado diversas medidas, entre ellas la fijación del Límite Máximo de Residuos (LMR) de los distintos productos fitosanitarios sobre los diferentes productos vegetales.

Se puede definir LMR como la cantidad máxima de residuos que la ley permite para que el producto vegetal pueda ser comercializado. Se expresa en miligramos de sustancia activa por kilo de producto vegetal (ppm).

El LMR se establece en base a la Ingestión Diaria Admisible (IDA) que es la cantidad de sustancia activa que puede ser ingerida por el consumidor cada día durante toda su vida sin que cause ningún riesgo para su salud, a la luz de la información científica disponible. Se expresa en miligramos de producto fitosanitario por kilo de peso vivo y día.

En España, en 1979 (bastante tardíamente con respecto a otros países europeos) se promulgó la primera disposición donde se presentaba una lista del LMR que sólo abarcaba a 41 productos fitosanitarios.

Al observar los LMR vigentes durante muchos años en diferentes países sorprende la gran variabilidad que se puede encontrar para un mismo fitosanitario sobre un mismo vegetal. Por ejemplo, el Benomilo en fresón tenía en el Reino Unido y en España un LMR de 5 ppm, en Suiza y Holanda de 3 p.p.m., en Bélgica de 2 ppm, en Alemania de 1.5 ppm y en Italia de 0.01 ppm.

Esto demuestra que el LMR puede ser el último obstáculo con que cuenta el agricultor en el difícil proceso de comercialización de sus productos, ya que es necesario que el producto a exportar cumpla con la Legislación en materia de residuos de fitosanitarios del país importador. Este requisito, que en principio no debería de ser difícil de cumplir empleándose adecuadas técnicas fitosanitarias de control, resulta de hecho extraordinariamente complejo y constituye actualmente la barrera más importante a las exportaciones. Llega a darse, como práctica normal, que un país aplique un residuo 0 para un tipo de producto fitosanitario ampliamente utilizado en los demás países.

Actualmente la Unión Europea está haciendo una lista única de LMR para los países miembros y así evitar problemas de comercialización entre los diferentes países. Estos no pueden legislar LMR inferiores, pero sí podrán autorizar en su territorio LMR superiores, si lo consideran justificado (Orden de 11 de marzo de 1987, modificada y ampliada por la Orden de 27 de octubre de 1989).

Para establecer el LMR es necesario conocer la evolución de residuos en el tiempo para cada producto vegetal, ello requiere conocer el depósito inicial del fitosanitario y su velocidad de degradación. Con ellos se obtiene la curva de degradación o de disipación de un producto fitosanitario en un determinado producto agrícola. Conociendo la curva de disipación de los residuos es posible recomendar un Plazo de Seguridad entre el último tratamiento fitosanitario y la recolección, de forma que permita respetar el LMR establecido.

El problema de los residuos de productos fitosanitarios puede minimizarse si se utilizan medidas profilácticas y métodos culturales que reduzcan el número de intervenciones con fitosanitarios, si se practica la lucha biológica cuando sea posible, si se efectúan los tratamientos químicos sólo cuando sean necesario, si se elige adecuadamente el producto fitosanitario, si no se superan la dosis mínimas eficaces, si se efectúa correctamente la aplicación y si se cuida el momento de aplicación.

Todo producto fitosanitario debe reunir una serie de cualidades, entre las que cabe destacar:

- 1.-Buena toxicidad para el enemigo del cultivo que se quiere combatir, la cual ha sido contrastada convenientemente a través de rigurosos ensayos de laboratorio y campo. Pero hay que tener en cuenta que el uso repetido de una misma materia activa, que en principio era eficaz, puede llevar a una pérdida de eficacia debido a mutaciones en el parásito, el cual crea formas de resistencia a dicho producto. Es por lo que hay que

recomendar, como norma general, que no debe abusarse de la repetición de un mismo producto, siendo por el contrario lo racional utilizar una gama de ellos.

2.- Que no sea tóxico para el hombre y los animales domésticos, si bien, todos los productos suelen presentar cierta toxicidad para los vertebrados, incluido el hombre. Esta toxicidad puede ser debida a la penetración en el organismo de una dosis relativamente alta de producto, o a la repetida absorción de dosis mínimas de producto que el organismo no puede metabolizar ni eliminar con suficiente rapidez y por tanto se va acumulando. El producto fitosanitario puede entrar en el organismo por ingestión, por inhalación y a través de la piel.

Para indicar numéricamente la toxicidad de un fitosanitario se emplea el término Dosis Letal 50 (DL50), que es la cantidad de ese producto, en miligramos por kilo de peso, que es capaz de provocar la muerte del 50% de una población de seres vivos utilizados en el ensayo (ratas, cobayas, perros, etc) (Barberá, C., 1989).

Atendiendo a su toxicidad en hombre y animales domésticos, los productos fitosanitarios se clasifican en cuatro categorías toxicológicas (que figuran obligatoriamente en las etiquetas): baja peligrosidad, si son productos inocuos, de toxicidad prácticamente nula y cuyo empleo no ofrece ningún peligro; nocivos, si son moderadamente peligrosos y deben ser empleados con un mínimo de precauciones para evitar accidentes; tóxicos, si son productos muy peligrosos, cuyo empleo y manipulación debe realizarse según unas normas muy estrictas a fin de evitar intoxicaciones humanas o daños en animales; y muy tóxicos, si son productos altamente peligrosos, cuya venta y uso están reservados exclusivamente a organismos oficiales o a empresas especializadas debidamente autorizadas.

Los productos de baja peligrosidad y nocivos pueden ser utilizados libremente, si bien estos últimos deben llevar en su etiqueta la palabra “veneno” y una cruz de San Andrés. Los productos tóxicos y muy tóxicos llevan la indicación “veneno” y una calavera con dos tibias cruzadas. A continuación de la categoría toxicológica de cada producto debe figurar, entre un paréntesis, las categorías toxicológicas para la fauna terrestre y piscícola, indicadas con las letras A, B, C y D. Entre barras figura la toxicidad apícola.

3.- La fitotoxicidad de un producto fitosanitario varía según la naturaleza del producto, según la especie e incluso la variedad de las plantas, según su edad y según las condiciones climatológicas del momento de aplicación.

4.- Que no presenten efectos secundarios indeseables como pueden ser la destrucción de auxiliares y antagonistas, la producción de desequilibrios biológicos, la contaminación del medio ambiente o dar mal sabor o color a la fruta.

Hay ocasiones en las que las acciones secundarias que acompañan a la utilización de un producto fitosanitario pueden ser beneficiosas o perjudiciales. Como puede ser provocar acciones sobre la fisiología de la planta, ayudando, por ejemplo, a corregir carencias de oligoelementos, aumentando el rendimiento de las producciones (Maneb) o mejorando el aspecto externo de las cosechas o frutos dándoles mejor color o aspecto (TMTD, Captan...).

5.- Especificidad y polivalencia, según el efecto que se busque al aplicar el producto fitosanitario. En unos casos puede ser conveniente que sea lo más selectivo posible y en otros que tenga un amplio espectro de acción. Si bien la tendencia actual, dentro de los objetivos de una Lucha Integrada, es la de emplear cada vez productos más específicos, pero éstos pueden presentar el riesgo de inducir resistencias en la población del parásito.

6.- Estabilidad, es decir, que no se degraden demasiado rápido frente a una serie de agentes físicos (como luz, temperatura...), químicos (oxidación, hidrólisis...) o biológicos (fermentos...). Precisamente los graves problemas del DDT son su efecto acumulativo en la cadena trófica y su gran estabilidad.

7.- Facilidad de empleo, buena miscibilidad, mojabilidad, adherencia y resistencia al lavado por la lluvia son otras de las características que deben tener los productos fitosanitarios.

Atendiendo a la naturaleza del organismo que controlan, los productos fitosanitarios de mayor utilización son los insecticidas, los fungicidas, los nematocidas y los herbicidas.

Los insecticidas son aquellas sustancias, o mezcla de ellas, que ocasionan en mayor o menor tiempo la muerte de los insectos. Son distintos de los insectífugos o repulsivos que provocan el alejamiento de los insectos y aseguran por este hecho una cierta protección de las plantas.

Atendiendo a su forma de acción sobre los insectos, los insecticidas se clasifican en insecticidas de contacto, de ingestión y de inhalación. Los primeros ocasionan la muerte del insecto por simple contacto con el tegumento, o bien obstruyen los estigmas, lo que les asfixia. Entran en el cuerpo del insecto cuando éste camina sobre la superficie vegetal tratada, o se alimenta de la planta tratada. Los segundos entran en el insecto a través de la boca y actúan al penetrar en el aparato digestivo. Los terceros son insecticidas gaseosos que entran a través de los estigmas, de éstos pasan a las tráqueas y, posteriormente, son absorbidos por los tejidos internos (Barelles, F.,1999).

Atendiendo al estado de desarrollo del insecto que controlan, los insecticidas se clasifican en ovicidas, larvicidas y adulticidas.

Atendiendo a su composición, los insecticidas se clasifican en inorgánicos, si carecen de moléculas de carbono, orgánicos, si poseen molécula de carbono. La mayoría de los insecticidas actuales son orgánicos, y pueden a su vez clasificarse en naturales, como es el caso de los aceites minerales, que proceden del petróleo o el de los botánicos, que proceden de plantas y sintéticos, si son sintetizados en laboratorio a partir de compuestos más simples, como es el caso de los insecticidas clorados, organofosforados, carbamatos y piretroides (Barberá, C., 1989).

Los primeros fungicidas utilizados han sido los cúpricos y el azufre. Los fungicidas cúpricos fueron descubiertos por Millardet en 1885, cuando comenzó a estudiar el Mildiu de la vid, cuyas invasiones endémicas diezaban la producción. Cuatro años más tarde observó que unas cepas embadurnadas, casualmente, con sulfato de cobre y cal, resistían la enfermedad mejor que las restantes. También notó, al estudiar el hongo, que las esporas germinaban normalmente en agua destilada mientras que no eran capaces de germinar cuando el agua era cogida de cierto pozo, agua que, analizada, se comprobó la presencia de 5 mg de cobre por litro, metal que procedía de una vieja bomba abandonada. Ambos hechos, casuales, dieron la clave al investigador y, desde entonces, viene usándose el cobre, en diversas formas, como principal fungicida en vid, frutales, olivo, hortícolas, etc (Barberá, C., 1989).

Los derivados de cobre son fungicidas polivalentes eficaces contra gran cantidad de hongos, siendo además buenos bactericidas. Son productos de gran remanencia, pero pueden resultar fitotóxicos. No se pueden aplicar en periodo vegetativo en frutales de hueso o pepita porque producen enristecimiento, “russetting”, malformaciones, etc.

Los principales compuestos cúpricos son el caldo bordelés, que es una mezcla de sulfato de cobre y de hidróxido de calcio, el caldo borgoñón, análogo al anterior, pero sustituye la cal viva (hidróxido de calcio) por carbonato sódico, según la fórmula: 2 Kg de sulfato de cobre, 1 Kg de sosa Solvay y 100 litros de agua, el oxiclورو de cobre, que es actualmente el fungicida cúprico más utilizado y se suele encontrar en el mercado en forma de polvo mojable, con el 50 % de riqueza, el óxido cuproso, también muy empleado en la actualidad y que se vende en forma de polvo mojable de color rojo o ladrillo, con una riqueza del 50% de cobre, el sulfato de cobre y el más actual que es el hidróxido de cobre (Liñán De, C., 2005).

En sustitución del cobre se usan actualmente compuestos orgánicos sintéticos de reconocida eficacia. El espectro de acción de estos fungicidas suele ser menor que para el cobre, siendo recomendables sólo para determinadas enfermedades. Al ser fungicidas preventivos es necesario aplicarlos antes de que se produzca la infección. Generalmente inhiben la germinación de la espора del hongo. Se encuentran en este grupo los derivados organo-mercúricos, que se utilizaban para el tratamiento de semillas y, en ocasiones, para la desinfección de heridas. El mercurio es fitotóxico y puede provocar contaminaciones en las aguas por lo que están muy restringidos en la mayoría de los países, los derivados ditiocarbámicos, relacinados con los insecticidas y herbicidas carbámicos y los derivados imídicos. Se utilizan desde 1952 y además de su acción fungicida, se ha demostrado que tienen cierta acción sobre el metabolismo de la planta, provocando un mejor desarrollo de la misma. Otros fungicidas sintéticos son los guanidinderivados, los dinitrofenilderivados, los derivados quinónicos, los derivados de imidazol y los derivados de aromáticos.

El azufre y los compuestos de éste, denominados polisulfuros, se utilizan como fungicidas curativos de los hongos ectoparásitos, como son los causales de Oidios. Mientras que los fungicidas citados anteriormente sólo actúan como preventivos de los hongos endoparásitos.

El azufre, en el control del Oidio de la vid, viene usándose desde mediados del siglo XIX, cuando el jardinero Kyle descubrió sus efectos, por casualidad, en un invernadero cerca de Londres. Su acción sobre el hongo parásito no es bien conocida. El azufre al sol da compuestos gaseosos diversos, que actúan enérgicamente sobre el micelio, que se seca y destruye; la acción es más activa al elevarse la temperatura, comienza a ser activo a partir de 15-18° C, pero no conviene utilizarlo por encima de los 32° C, porque puede provocar quemaduras, sobre todo en frutales y otras plantas sensibles. La humedad disminuye el efecto de los azufrados, por eso los tratamientos en

la vid con azufre son más eficaces en el centro y sur de España que en las regiones del norte, más frías y húmedas.

El azufre tiene además acción acaricida, sobre todo contra ácaros Eriófidos. No se puede utilizar en mezclas con aceites. Existen diferentes formulaciones en el mercado, como azufre mojable o como azufre para espolvoreo, este último, a su vez, puede estar en forma de polvo micronizado o polvo más grosero y económico. Los distintos tipos de azufres triturados son el azufre molido, el azufre micronizado para espolvoreo o mojable, el azufre coloidal, el azufre sublimado, el polisulfuro de calcio y de bario y los azufres oxidantes, mezcla de azufre y permanganato potásico (Barberá, C., 1989).

Los principales grupos de fungicidas sistémicos son los benzimidazoles, los cuales han sido ampliamente utilizados, pero han presentado problemas de resistencias provocando la selección de cepas de hongos resistentes. Tienen cierta acción acaricida. Los derivados de la pirimidina, que también pueden provocar la aparición de cepas fúngicas resistentes. Los derivados triazólicos, que, además de para el control del Oidio, se utilizan en tratamientos de semillas y de suelo. Los derivados de la piperazina y morfolina. Las oxatinas. Las anilidas sustituidas, que inducen resistencias. Las benzoanilidas. Las carboximidias y los derivados fosfóricos, estos, además de tener acción fungicida, parece que estimulan las defensas de la planta.

La utilización de los nematicidas, cuya comercialización surgió el año 1945, ha incrementado mucho en los últimos años. El principal tipo de aplicación de los nematicidas ha sido para el control de la población de nematodos en el suelo antes de la siembra o plantación, puesto que la mayoría de los nematodos pasan parte de su ciclo biológico en el suelo. Son muy pocas las materias activas que están registradas en el mercado para uso nematicida y la mayoría de ellas no actúan sólo para el control de nematodos, sino que tienen un amplio espectro de acción contra otros parásitos, principalmente insectos de suelo.

Los nematicidas pueden ser de dos tipos: fumigantes de suelo, si se aplican en presiembra o preplantación, y nematicidas locales, si se aplican al suelo antes o después de la siembra o plantación. Los primeros son muy polivalentes; se emplean para combatir una amplia gama de microorganismos de suelo, incluyendo además de a todos los nematodos, a muchos hongos, insectos y malas hierbas. Deben aplicarse uniformemente a todo el suelo o sólo en los surcos de siembra, mediante inyectores que penetren en el suelo unos 15 cm. Cuando se trata de productos sumamente volátiles

debe cubrirse el suelo inmediatamente con láminas de polietileno, durante, al menos, 48 horas. Como son muy fitotóxicos, deben pasar al menos dos semanas desde el tratamiento hasta la siembra y, antes de sembrar, hay que realizar una aireación del suelo mediante labor adecuada. A veces, para asegurarse bien de la ausencia de residuos es muy recomendable efectuar un “ensayo biológico” de germinación en la tierra tratada, sea con la propia semilla a sembrar, sea con otra perteneciente a una especie sensible a los residuos de los desinfectantes. Para ello, se toman muestras de suelo tratado, cogido a distintas profundidades, y se colocan en botes. Se dispone en su interior un algodón humedecido y sobre él se colocan las semillas del cultivo o de *Lepidium* (*L. draba* que es muy sensible a los desinfectantes). En otro bote se ponen las semillas sobre un suelo sin tratar. Se cierran los botes herméticamente. A los 2-3 días las semillas deben germinar y se comprueba su germinación y altura alcanzada con respecto a las testigo (Barberá, C., 1989).

Hay que tener en cuenta que en un suelo desinfectado se produce un vacío biológico, ya que no sólo se destruyen los parásitos sino también todos los microorganismos antagonistas, depredadores, parasitoides, etc. Por tanto es condición esencial que las siembras o plantones sean completamente sanos, previamente desinfectados o con transplantes procedentes de semilleros también tratados ya que si contienen algún parásito éstos proliferarán en abundancia al no encontrar ninguna competencia biológica. Tras la desinfección hay que dar un abonado muy equilibrado y un riego abundante que disuelva los productos de interacción con los componentes del suelo y los arrastre a profundidad suficiente para que no perturben el cultivo.

Los principales productos desinfectantes de suelo son: el bromuro de metilo (actualmente prohibido ya que se ha demostrado que destruye la capa de ozono), el bromuro de propileno, el dibromuro de etileno, el bromocloroetano y tricloroetano., dicloropropeno y el dicloropropano, el DCP (1,2 Dibromo-3, Cloropropano), la cloropicrina, el metán Sodio, el dazomet, el metilisotiocianato, el Sulfuro de carbono y el formol.

De reciente aparición son los nematicidas orgánicos naturales extraídos de plantas, como el Extracto de Quillay (*Quillaza saponaria*) que está indicado en algunos países para el control de nematodos de viñas y cítricos. Se extrae a través de la explotación ecológicamente sostenible del árbol de Quillay que consiste en la utilización de la biomasa procedente de la poda y raleo de los bosques nativos existentes, sin necesidad de destruir árboles. Actúa por contacto e ingestión sobre nematodos ecto y endoparásitos. Puede ser aplicado a través del sistema de riego por

goteo o sobre el suelo regado (a capacidad de campo). La aplicación debe realizarse durante el activo crecimiento radical. También puede utilizarse como tratamiento por inmersión de raíces en pre-plantación.

Los herbicidas son los productos fitosanitarios utilizados para el control de malas hierbas. Cuando las matan a todas sin distinción se denominan herbicidas totales y cuando destruye sólo las malas hierbas, respetando los cultivos sobre los que compiten, se denominan herbicidas selectivos. Si bien, esta clasificación es bastante relativa pues un herbicida total puede actuar como selectivo bajando la dosis de aplicación y, recíprocamente, herbicidas selectivos, a dosis mayores, pueden actuar como herbicidas totales.

Atendiendo a su modo de acción los herbicidas pueden ser de contacto, cuando actúan causando quemaduras en la parte de la planta alcanzada, sin afectar a las partes no alcanzadas, de forma que un tallo sin tratar puede dar lugar al desarrollo de una nueva planta y sistémicos, cuando son absorbidos por las raíces o por las hojas o por ambas a la vez, y se incorporan a la savia para ser transportado a toda la planta. Se pueden pues translocar a través del floema, del xilema o a través de ambos (García-Torres, L. y Fernández-Quintanilla, C., 1989).

Atendiendo al momento de aplicación los herbicidas pueden ser persistentes o residuales, si se aplican al suelo para que actúen durante bastante tiempo, no persistentes, si se aplican para que actúen con rapidez pues se descomponen fácilmente

Atendiendo a su composición química, los herbicidas se clasifican en inorgánicos, aceites minerales y orgánicos

Hay que tener en cuenta en la utilización de herbicidas, que la repetición constante de un mismo herbicida sobre un cultivo determinado puede conducir, a la larga, a un cambio de flora adventicia y que la aplicación de herbicidas obliga a limpiar escrupulosamente la maquinaria empleada par evitar que los residuos herbicidas dañen a los cultivos cuando la misma máquina se usa en otro tipo de tratamiento.

Una de las últimas técnicas de protección fitosanitaria, generalmente utilizada para el control de patógenos, que ofrece grandes perspectivas por su respeto al medio ambiente, es la estimulación de las defensas de la planta. Consiste en la activación de las defensas de las plantas enfrentadas a un determinado patógeno por intervención de un elicitor.

Se han aislado elicitores de naturaleza química variada: oligosacáridos derivados de la pared de hongos, de plantas o de algas; proteínas de hongos (celulasa), de oomicetos (elicitinas), de bacterias (harpina), o de crustáceos (chitosán). Algunos elicitores son productos de síntesis, como el benzotiadiazol (BTH), análogo del ácido salicílico.

Los elicitores cuya experimentación en campo está más o menos avanzada, están generalmente desprovistos de toxicidad, son biodegradables y constituyen una nueva clase de productos fitosanitarios que se caracterizan por ser inactivos sobre el patógeno y por inducir la reacción de defensa contra un amplio espectro de patógenos, lo que los hace muy útiles para aquellos patógenos que no se controlan químicamente, como virus y fitoplasmas.

Entre los elicitores identificados hasta la fecha, hay uno que se está ensayando en vid para el control del Mildiu, pero tiene un gran espectro de acción, es el Baba o Ácido β -aminobutírico. Se trata de un ácido aminado que existe en las plantas en estado de trazas pero que se puede obtener fácilmente por síntesis y cuya toxicidad es prácticamente nula. Además, el Baba es activo contra *Meloidoyne* y *Heterodera*.

Capítulo 4

**PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES
DE LA VID**

4.- PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA VID

4.1.- Plagas

4.1.1- Polilla del racimo (*Lobesia botrana*)

Aunque existen varias especies de lepidópteros que pueden conocerse como “Polilla del racimo”, tales como *Eupeccilia ambiguella*, *Cryptoblabes gnidiella*, *Argyritaenia pulchellana* y *Clepsis spectrana*, es la especie *Lobesia botrana* la que tiene mayor presencia en España (Coscollá, R., 1998)

Esta plaga, relativamente reciente, entró por Cataluña a finales del siglo XIX, extendiéndose progresivamente al resto de España; en la actualidad se encuentra presente en todas las regiones vitícolas españolas, a excepción de las islas Baleares y Canarias.

Además de como “Polilla del racimo” se conoce bajo las denominaciones “Hiladero”, “Coco”, “Gusano de las uvas”, “Eudemis”, etc.

La gravedad de esta plaga está muy ligada a las condiciones climáticas, por lo que es muy variable según regiones y años.

Así, es de escasa importancia en el norte de España: Galicia, Asturias, País Vasco, tiene una gran variabilidad en el interior: Castilla - León, Rioja, Navarra, Castilla – La Mancha, y es muy importante en áreas del Mediterráneo y del Atlántico, Cataluña, País Valenciano, Murcia, Andalucía, Extremadura y Aragón.

En España se puede considerar que *L. botrana* es una de las principales plagas, tanto por su extensión geográfica como por la magnitud de las pérdidas económicas que origina, ya que, a los daños causados por sus larvas, hay que añadir los daños indirectos, con frecuencia más importantes, al abrir vías de penetración a las podredumbres del racimo (Coscollá, R., 1998; Fermaud, M. y Le Menn, R., 1989).

Es una plaga que inverna en forma de crisálida, la cual, envuelta por un capullo blanco sedoso, es alargada, fusiforme, de color marrón y mide unos 5 mm de longitud, escondida en diversos lugares y, aunque normalmente se esconde en la corteza de las cepas, también lo hace en el suelo, hojas caídas, etc. (Causse *et al.*, 1984).



Figura 4.1.- Polilla del racimo (*Lobesia botrana*).

Cuando llega la primavera, al aumentar la temperatura, de forma muy escalonada emergen los adultos, iniciándose la salida antes de la brotación de la viña y prolongándose durante varias semanas. Estos son unas mariposas que miden unos 6 mm de longitud y unos 12 mm de envergadura, que tienen un primer par de alas jaspeado con manchas oscuras de color marrón y un segundo par de color gris con flecos, que presentan un dimorfismo sexual poco marcado, siendo el macho de menor tamaño que la hembra.



Figura 4.2.- Adulto de Polilla.

Cuando emergen presentan protandria y entre los primeros adultos aparecen más cantidad de machos, si bien, al final del período de vuelo, predominan las hembras. Realizan vuelos crepusculares, permaneciendo inactivos durante el día, escondidos en hojas y racimos (Bovey, P., 1966).

Tras la fecundación, las hembras, durante un período de unos 6 días, depositan de 50 a 80 huevos amarillentos que miden menos de 1 mm de diámetro, aisladamente sobre los racimos, y mueren poco después.

Transcurrida una semana, incluso menos si las condiciones son favorables, se produce el avivamiento de huevos, de los cuales salen larvas de coloración verdosa-amarillenta con la cabeza marrón claro, cuyo tamaño alcanza tras su desarrollo hasta 10

mm, las cuales pasan durante 20-25 días por 5 estados larvarios, y atacan los botones florales uniéndolos con hilos sedosos por ellas segregados, formando un glomérulo fácilmente reconocible.



Figura 4.3.- Ataque de la primera generación.

Transcurrido el período larvario las orugas tejen sus capullos en las hojas, en la corteza de las cepas, en los racimos y en el suelo, etc, al cabo de 5-10 días salen los nuevos adultos y comienza un nuevo ciclo, que se repite 2-3 veces por año, si bien, en condiciones climáticas favorables puede repetirse más veces.



Figura 4.4.- Larva de Polilla de primera generación.

La primera generación suele hacer la puesta sobre las brácteas del botón floral, mientras que la 2ª y 3ª suelen hacerla sobre las bayas verdes o en fase de maduración. También tienen tendencia a depositar los huevos en la parte más sombreada del racimo para evitar que se sequen, escogiendo superficies lisas y secas, por eso cuando llueve o hay polvo de azufre apenas hay oviposición.

La duración del período de incubación es función de la temperatura, de la humedad y del fotoperíodo. En general, se puede decir que prefieren temperaturas altas superiores a 20° C, que su humedad relativa óptima es de 40-70% y que el fotoperíodo

crítico, fijado por Komarova, es de 15 h 40 min, el cual se da en España a partir de finales de Julio. Las crisálidas procedentes de huevos depositados con posterioridad entran en diapausia (Coscollá, R., 1998).

Las larvas de la 1ª generación destruyen botones florales, flores e incluso frutos recién cuajados, pero los daños que provocan no revisten importancia en cuanto a pérdidas o a calidad de cosecha, aun siendo muy severos. En cambio las larvas de 2ª y 3ª generación, además de producir cierta pérdida de cosecha, afectan a la calidad de la uva, debido a que se alimentan de las bayas y penetran en ellas. A ello hay que añadirle posibles podredumbres causadas por hongos que penetran a través de las heridas que provocan.



Figura 4.5.- Ataque de segunda y tercera generación.

El único medio eficaz de control es el tratamiento químico, para cuya aplicación es necesario el seguimiento del ciclo y la medida de la densidad de la plaga, basada ésta en captura de adultos, conteo de huevos y conteo de penetraciones.

La captura de adultos se realiza con trampas sexuales o alimenticias, colocadas al nivel de los racimos, durante el desborre para la 1ª generación y poco después de floración para la 2ª y siguientes.

En cada punto de control se colocarán tres trampas separadas 50 m, haciéndose el conteo de capturas 1 vez por semana.

En la práctica, las trampas pueden indicar cuándo debe tratarse, pero no si se debe o no tratar, excepto cuando las capturas sean 0, en cuyo caso no es necesario tratar.

El conteo de huevos permite determinar el momento del tratamiento. Debe iniciarse para el 1º vuelo cuando los botones florales estén separados y transcurrida una semana después de la primera captura de adultos para el 2º y 3º vuelo. Se contarán semanalmente, hasta una semana después del máximo de la curva de vuelo.

El conteo de penetraciones indica el nivel real de población dañina e informa de la eficacia del tratamiento ejecutado.

El conteo de penetraciones debe realizarse de 10 a 15 días después del tratamiento químico, y para hacerlo deben observarse 100 racimos bien desarrollados tomados de cepas diferentes mediante un muestreo sistemático.

En general la primera generación como tiene poca repercusión en la cosecha no se debe tratar, en cambio para la segunda y tercera generación, el umbral de tratamiento varía según el destino de la uva y según el precio.

El momento de realizar el tratamiento con insecticidas “tradicionales” (organofosforados o carbamatos) es, aproximadamente, una semana después del máximo de la curva de vuelo, cuando ha tenido lugar la oviposición y se están iniciando las eclosiones de los huevos, ya que las larvas son más sensibles y además no se han iniciado los daños, pues una vez dentro del fruto el tratamiento es más difícil. Si se utilizan insecticidas del tipo “reguladores del crecimiento” o “bioinsecticidas” (como *Bacillus thuringiensis*) los tratamientos deben adelantarse y realizarlos en el pico máximo de la curva de vuelo.

En uva para vino es suficiente realizar sólo un tratamiento en 2ª generación, en cambio en uva de mesa suelen ser necesarios dos tratamientos por generación.

Los insecticidas recomendados, aplicados todos ellos mediante pulverización, son: Azadiractin, *Bacillus thuringiensis*, Bifentrin, Carbaril, Clorpirifos, Deltametrin, Esfenvalerato, Fenitrotion, Flufenoxuron, Fenoxicarb, Fosalon y Malation

También es posible el control de esta plaga por confusión. Para ello se colocan difusores de feromona en cantidad suficiente como para que se sature el ambiente y se dificulte el encuentro entre macho y hembra (Roehrich, R y Carles, J.P., 1982; Stockel, J. *et al.*, 1994).

4.1.2.- Filoxera (*Viteus vitifolii* Fitch)

La Filoxera fue la causa de uno de los mayores desastres de la agricultura española y de gran parte de la de Europa en el último tercio del siglo XIX y primeros años del siglo pasado. Basta con indicar que en España, de más de 2.000.000 ha de

viñedo existentes antes de la invasión de filoxera, en 1909 sólo quedaban la mitad (Cabezuelo, P., 1998).

La Filoxera es oriunda de América y fue en Inglaterra, en 1863, donde hizo su aparición en Europa. Poco después apareció en Francia, que en 20 años perdió la mitad de sus viñedos, a continuación apareció en Portugal, luego Alemania, Italia y así hasta extenderse por toda Europa.

En España fue observada por vez primera en Málaga, en donde se procedió al arranque de todas las cepas de la parcela afectada, para evitar el desastre ocurrido en Francia (Domínguez García-Tejero, F., 1993).

Al mismo tiempo que en Málaga, se detectó otro foco en el Ampurdán y un poco más tarde apareció otro foco en Orense. A partir de estos tres focos se extendió la plaga a toda España. Hoy están declaradas Filoxeradas todas las provincias españolas excepto Canarias. En la actualidad el problema ocasionado por la filoxera está resuelto gracias al injerto de vides europeas sobre vid americana.

La Filoxera es un insecto homóptero que forma agallas en las hojas de plantas de vid, cuyo ciclo biológico adopta formas diversas en cada una de sus fases y varía según se trate de vid americana o de vid europea, por lo que en un principio se creyó que eran especies diferentes (Galet, P., 1982).

En la vid americana se da el ciclo completo de este parásito. El invierno lo pasa en forma de huevo en la corteza de las cepas. Al llegar la primavera, de los huevos salen larvas hembras, partenogénicas y ápteras, denominadas gallícolas fundadoras (Downie, D. y Granet, J., 1998).

Estas hembras se dirigen a las hojas recién brotadas, donde por el haz clavan el pico y dan lugar a la formación de agallas que sobresalen por el envés. En dichas agallas viven y en ellas depositan aproximadamente 500 huevos, de los cuales a los 6-7 días salen larvas, todas hembras, que abandonan la agalla por el pequeño orificio del haz, que caminan por las hojas y forman nuevas agallas en las que viven. Son la denominada generación neogallícola.



Figura 4.6.- Agallas de Filoxera en hojas.

De esta generación neogallícola, las últimas larvas en nacer, en vez de formar agallas, descienden al suelo y se fijan en la raíz, formando la fase de las gallícolas-radicícolas.

El proceso se repite durante un número de veces variable según zonas y climas, entre 4-8 generaciones, aumentando cada vez más la proporción de larvas que se dirigen a la raíz hasta que, al final del verano prácticamente todas las larvas son radicícolas, las cuales se fijan a las raíces y viven hasta adquirir el estado adulto, y tienen nuevas generaciones hasta llegar el otoño.

Desde el mes de Julio, entre las larvas radicícolas aparecen unas que se transforman en ninfas con muñones de alas, más alargadas y de color anaranjado, que se aproximan a la superficie del suelo y después de sufrir una muda se transforman en adultos alados. Es la denominada fase de las sexúparas aladas, las cuales vuelan formando pequeñas nubes en Agosto-Septiembre que alcanzan unos 200 metros, e incluso mayores distancias, arrastradas por el viento, extendiéndose a otros viñedos.

Estas hembras, aunque se las llama sexúparas, son partenogénicas, ponen sobre los sarmientos dos tipos de huevos: unos grandes de los que a los 7-12 días aparecen hembras, y otros pequeños, de los que salen machos. Es ésta la única fase sexual de la Filoxera en todo su ciclo.

Machos y hembras se acoplan y poco tiempo después, la hembra pondrá sobre la corteza un solo huevo, muy grande, denominado huevo de invierno, que hiberna en ella y que empezará un nuevo ciclo en primavera.

En la vid europea el ciclo biológico de la Filoxera es mucho más simple, ya que apenas hay generación gallícola, siendo la radicícola la más importante.

La hibernación la hace principalmente en forma de larva radicícola, y no siempre existe el huevo de invierno. De sus larvas, por partenogénesis, aparecen varias generaciones radicícolas que causan daños incomparablemente superiores a los ocasionados en la vid americana, por tener éstas revestidas sus raíces de una capa de corcho que no puede ser atravesada por el estilete (Bournier, A., 1997).

La Filoxera, en cada una de sus fases tiene formas diferentes:

- Huevo de invierno: de color amarillento, alargado, con un corto pedúnculo en uno de sus extremos por donde se fija a la cepa: 0'27 mm de longitud × 0'11 mm de ancho.

- Hembra fundadora: de color amarillo-verdoso, es de los pocos pulgones que no tiene sifones.

- Huevo gallícola: de color amarillo-verdoso, es elipsoidal de unos 0'30 mm de longitud y superficie reticulada.

- Hembra radicícola: de color amarillo-verdosa, piriforme y de aproximadamente 1 mm longitud × 0'7 mm de ancho.

- Huevo radicícola: de color amarillo-verdoso, con forma ovoidal y sin retícula.

- Sexúparas aladas: tienen 2 pares de alas hialinas, mucho más largas las del primer par que sobrepasarán la longitud del cuerpo.

- Sexuadas: de color amarillo pálido, las hembras son de unos 0'5 mm de longitud, mientras que los machos son de sólo 0'25 mm.

Los síntomas y daños son los que se presentan a continuación:

En la vid europea no injertada se observan afecciones tales como vegetación raquílica, clorosis... y en el sistema radicular las picaduras provocan nudosidades y tumores en las raíces más viejas, que al descomponerse por acción de otros patógenos originan la destrucción progresiva del sistema radicular. Como se propaga por el suelo pasando las larva radicícolas de unas cepas a las adyacentes, en la parcela la plaga se manifiesta en rodales que cada vez se hacen más grandes.

En la vid americana aparecen agallas en las hojas, que cuando el ataque es fuerte puede ocasionar una disminución del crecimiento y un mal agostamiento de la madera.

La única forma eficaz de proteger las vides europeas es la utilización de patrones resistentes.

El control químico de la Filoxera suele hacerse en los viveros de portainjertos, cuando tengan agallas en las hojas. En estos casos se aplica en invierno, o en primavera, Lindano, mediante pulverización.

4.1.3.- Piral (*Sparganottis pilleriana* Schiff)

Esta plaga, que parece ser que está implantada en España desde muy antiguo (S. XVI), se encuentra extendida por todas las zonas vitícolas españolas, y produce sus daños más graves en Castilla - León y Castilla - La Mancha.

Además de con el nombre de “Piral”, se conoce también como “Sapo”, “Gusano de la viña”, “Gusano de cabeza”, “Gusano del astro”...

Su ciclo biológico se caracteriza porque sólo tiene una generación al año.

El invierno lo pasa bajo la corteza de las cepas en forma de larva, en unos capullos sedosos que confeccionan.

En primavera, al aumentar la temperatura, de forma muy escalonada durante 40-50 días, abandonan el capullo y se dirigen a las yemas donde, si están brotadas, se instalan, y si no lo están se sitúan en ciertas hierbas (corregüela) de la base de la cepa (Cabezuelo, P., 1998).



Figura 4.7.- Larvas de Piral en hojas.

Tienen cinco estadios larvarios, y durante este proceso van cambiando de tamaño desde 2 mm a 25 mm, y de color, pasando del amarillo al verde.

El quinto estado larvario se transforma en crisálidas, de las cuales salen los adultos que, pocas horas después, se acoplan por la noche comenzando la puesta casi inmediatamente.



Figura 4.8.- Crisálidas de Piral.

El adulto mide de 1 a 1'5 cm de longitud y tiene las alas de color amarillento con bandas transversales más oscuras, siendo la coloración más intensa y nítida en el macho que en la hembra, la cual es de mayor tamaño.



Figura 4.9.- Adulto de Piral.

La Piral hace la puesta en grupos denominados ooplacas, con unos 60 huevos imbricados como un tejado de pizarra y colocados en el haz de las hojas más próximas al tronco de las cepas, de los cuales, transcurridos unos siete días, salen las nuevas orugas que buscan rápidamente su refugio en el que permanecerán hasta la primavera siguiente (Siriez,, H., 1970).

Los factores climáticos actúan como limitantes sobre las larvas del primer estadio larvario, pudiéndose producir una mortalidad elevada durante el período que comprende la eclosión, la búsqueda del refugio, la confección del capullo, la diapausia,

la migración y la instalación en brotes, la cual puede llegar a ser del 80% lo que da una idea de su importante papel en la regulación de las poblaciones (Cabezuelo, P., 1996).

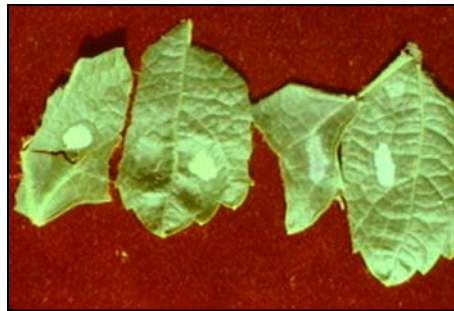


Figura 4.10.- Puesta de Piral en hoja.

En otros momentos de la vida del insecto los factores abióticos influyen acortando o alargando el ciclo, pero no parecen limitantes.

Los síntomas y daños que produce son los siguientes:

Las hojas se deforman doblándose en su parte media y terminal y están como pegadas por medio de sedas. Además en ellas aparecen mordeduras y agujeros causados por la larva. El envés aparece con aspecto plateado que lo hacen visible, y cuando se dan fuertes infestaciones, la destrucción por las orugas de la parte apical de los sarmientos puede causar pérdidas importantes en las cosechas.

En los racimos los ataques son raros, aunque a veces, si la plaga es abundante, se pueden observar racimos con glomérulos de mayor tamaño que los producidos por la polilla.

El control de esta plaga exige el seguimiento del ciclo, para lo que es necesario observar la época de puesta para predecir los daños del año siguiente y recomendar o no un tratamiento de invierno, de forma que si observando el 5% de las cepas, saliese una media de más de 1 ooplaca/cepa habría que realizar un tratamiento de invierno (Cabezuelo, P., 1998).

En primavera es preciso observar semanalmente, desde el inicio de la brotación, un número determinado de cepas (5-10%) y buscar cuidadosamente las larvas del primer y segundo estadio.

La realización del tratamiento químico se debe hacer en función del número medio de orugas por cepa, el cual se ha de fijar en función del estado fenológico y para cada zona. Por ejemplo, en la Mancha, para la variedad Airén es:

Estado fenológico	D	E	F	G
Número medio de orugas/cepa	5	7	10	12

Tabla 4.1.- Umbral de tratamiento de la Piral en la variedad Airén en Castilla-La Mancha.

Además se puede determinar el umbral de tratamiento estableciendo la curva del vuelo mediante trampas de feromonas.

Hasta ahora se ha estado utilizando para el control de la Piral el Arsenito sódico, hoy prohibido, que se aplicaba en estado A (yema de invierno), el cual, además era eficaz contra enfermedades tales como Yesca, Excoriosis, y tenía la ventaja de respetar de fauna útil. Actualmente se pueden utilizar compuestos oleofosforados, los cuales deben aplicarse en estado B/C (iniciación del desborre/punta verde).

Si fuese necesario tratar durante la vegetación a partir de los valores ofrecidos por el umbral de orugas, se harán las aplicaciones sobre orugas de 3º ó 4º estadio con la planta en el estado H (botones separados). Los insecticidas recomendados en este caso son, Carbaril, Clorpirifos, Deltametrín, Metilpirimifos y Triclorfón.

La forma más usual de aplicación de tratamientos contra la Piral es la pulverización, y se recomienda cubrir bien los brotes terminales y los racimos.

Actualmente se está ensayando el control de Piral mediante la técnica de confusión sexual (Schmidt-Tiedemann, A. *et al.* 2001).

4.1.4.- Araña amarilla común (*Tetranychus urticae* Koch)

Esta plaga, cuya época de introducción en España se desconoce, dado su carácter polífago y el hecho de encontrarla sobre malas hierbas en bosques y zonas no cultivadas, podría pensarse que se trata de una especie autóctona, que se encuentra extendida en casi todas las comarcas vitícolas españolas, a excepción de las gallegas (Arias, A., 1998 a).

Su ciclo biológico se caracteriza porque al acortarse los días durante los meses de Octubre y Noviembre, las hembras, que son de forma oval y presentan un color

amarillento-verdoso con dos manchas laterales más oscuras y de 0'5 mm de longitud, dejan de alimentarse, perdiendo durante el invierno las manchas laterales, tomando una coloración anaranjada. Se refugia entre las cortezas de las cepas, en las hojas secas caídas o en el envés de las hojas de malas hierbas verdes, si bien una parte importante de las hembras puede invernar en forma activa sobre algunas especies de malas hierbas, reproduciéndose y alimentándose a ritmo lento. Lo normal es que la hembra pase el invierno bajo la corteza de las cepas, inmóviles, en estado de diapausia.

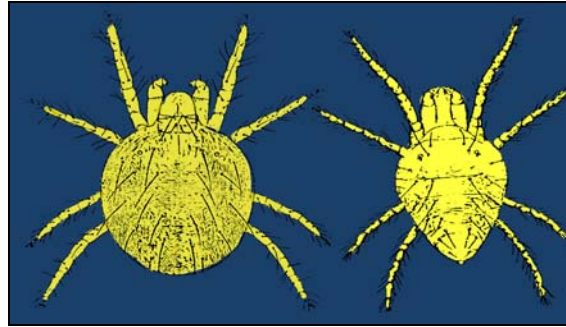


Figura 4.11.- Hembra y macho de araña amarilla común.

A finales de invierno o principios de primavera, las hembras abandonan sus refugios invernales y se dirigen a las malas hierbas, pues en la vid aún no hay partes verdes. Al comenzar a alimentarse, su color anaranjado cambia a amarillo-verdoso y aparecen de nuevo marcadas las dos manchas laterales oscuras. A continuación inician la puesta de unos huevos esféricos de color blanco perlado; el número medio de huevos que pone cada hembra es variable, según las generaciones, oscilando de 40 a 100, depositándolos a lo largo de unos 15 días, sobre el haz y envés, pero más por el envés, protegidos por una fina tela. La duración de la incubación varía de 4 a 20 días (Arias, A., 1996).

Desde las malas hierbas, de Abril a Junio, se van a las hojas buscando luz y tejidos jóvenes.

La colonización de las hojas comienza por las hojas más bajas y va subiendo hacia los extremos de los ramos a medida que envejecen o quedan excesivamente sombreadas. Es curioso observar que las hojas muy jóvenes, debido a su alta pubescencia, son poco atacadas (Baillod, M. *et al.*, 1989).

Los factores que inciden en el desarrollo de esta plaga son: la temperatura, hasta el punto que cuando es la óptima, es decir de 30 a 32° C, en algunas zonas llega a tener 15 generaciones al año, siendo lo normal de 11. Se puede afirmar que a 25° C, una generación tiene lugar en 10 días. La humedad relativa más favorable se da cuando es

de 30-50%. La lluvia le es desfavorable porque destruye las sedas y arrastra al suelo muchos individuos y huevos. El viento contribuye a la dispersión del ácaro. La luz activa el desplazamiento ascendente e induce a las hembras invernantes a un desplazamiento descendente. El polvo depositado en las hojas favorece su desarrollo. Los suelos arenosos y pedregosos, sobre todo orientados al sur, favorecen su desarrollo por calentarse con más rapidez.

Los primeros síntomas se manifiestan en las hojas por la aparición de zonas verde-amarillentas con manchas necrosadas, que se ven con mayor facilidad al trasluz. Dichas manchas van creciendo y las hojas atacadas envejecen con rapidez y se caen.



Figura 4.12.- Lesiones de araña amarilla en hojas.

También pueden ser atacados otros órganos tales como pámpanos, raquis, bayas... En ellos aparecen puntos necrosados.

Las primeras cepas afectadas suelen ser las localizadas junto a las lindes, debido a la presencia en ellas de malas hierbas.

Para el control es preciso el seguimiento del ciclo, para lo cual se deben observar un mínimo de 200 cepas, según un muestreo sistemático que asegure un reparto homogéneo. Cada cepa observada será clasificada con 0 si no hay ningún síntoma de ataque, con I si sólo tiene en las hojas inferiores de los sarmientos hasta el nivel de los racimos y con II si tiene síntomas incluso en las hojas situadas por encima de los racimos (Arias, A. 1998 a).

Las épocas más convenientes para realizar el muestreo son: el primero, al inicio de floración, pues ya ha dado lugar a que aparezcan los primeros síntomas y es el momento de tratar contra Oidio por lo que se puede hacer un tratamiento conjunto. El segundo, en el momento de tratar la 2ª generación de Polilla, pues ya se han eliminado por lo general las malas hierbas y podría hacerse un tratamiento conjunto, y el tercero de 2 a 3 semanas después del 2º muestreo.

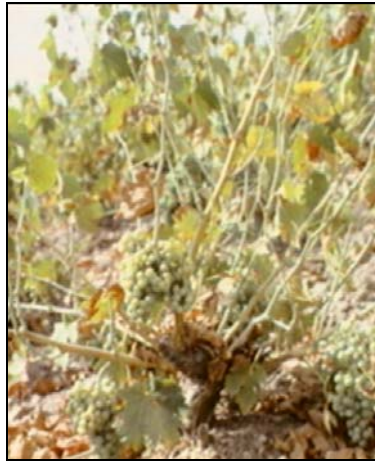


Figura 4.13.- Defoliación provocada por un ataque intenso de araña amarilla.

Una buena práctica de control es eliminar las malas hierbas, con labores o herbicidas, especialmente las más próximas a la cepa. El momento oportuno de eliminarlas es cuando las hembras invernantes hayan bajado de la vid y antes de que ésta haya brotado, ya que si se eliminan con la vid brotada acelera la subida de ácaros.

Para aplicar racionalmente el control químico es preciso determinar el umbral de tolerancia, el cual se calculará en cada zona teniendo en cuenta la pérdida en peso y grados, la producción/ha y su valor comercial, el coste de un tratamiento acaricida y la correlación entre defoliación y síntomas previos, según la escala y momentos antes dicho (Arias, A. y Nieto, J., 1983).

Los tratamientos químicos se realizan mediante pulverización y deben dirigirse hacia el envés de las hojas y se recomiendan los siguientes productos:

- Bifentrín
- Fenpiroximato
- Piridaben

4.1.5.- Erinosis (*Eriophyes vitis* Pyst.)

Este ácaro, que está muy extendido en todas las zonas vitícolas de España, presenta tres razas, una localizada en hojas, que produce falsas agallas bien conocidas por los viticultores, otra localizada principalmente en yemas, y una tercera que curva las hojas hacia el envés (Castillo-López, R., 1998).

Es precisamente la raza que produce las agallas en las hojas, la que ha dado nombre a esta plaga, si bien en las zonas de Jerez y Alicante se ha detectado la raza que

vive en las yemas, y su ataque se conoce como “ácaro de las yemas” o “eriófido de yemas” (Pérez Moreno, I., 1997).

De las tres razas citadas, sólo la de las yemas produce daños importantes.

Su ciclo biológico es como sigue:

La raza de las falsas agallas inverna en estado adulto bajo las cortezas de la madera del año anterior, aisladamente o en grupos más o menos numerosos. Algunos adultos lo hacen bajo los brotes externos de las yemas.

Al iniciarse el desborre comienza su actividad observándose en el estado fenológico D, correspondiente a la salida de las primeras hojas, la formación de las primeras falsas agallas, en cuyo interior las hembras han realizado la puesta, viviendo allí su descendencia hasta que se necrosa el tejido parasitado y emigran hacia hojas más jóvenes (Galet, P., 1982).

A lo largo del período vegetativo de la vid aparece un número de generaciones que puede llegar hasta siete.

En otoño, antes de la caída de las hojas, los ácaros abandonan las agallas y se desplazan hacia los refugios en donde invernan.

A esta raza le favorece el tiempo húmedo y lluvioso y lo limita la sequía, mientras que a la raza de las yemas le favorece el clima con nula o baja precipitación y temperaturas entre los 26 y 32°C.

La raza de las yemas tiene un ciclo anual que no es bien conocido en España y, a diferencia de la raza anterior, vive dentro de las yemas en las que invernan principalmente como hembras, siendo las más atacadas las yemas basales del sarmiento.

Con el desborre se incrementa su actividad, alimentándose y aumentando sus poblaciones.

El desplazamiento del ácaro se realiza bien por alargamiento del brote, o bien por migración externa, colonizando las yemas en formación.

Tiene aproximadamente diez generaciones al año.

La raza que curva las hojas tiene un ciclo que no es conocido.

Los síntomas y daños que producen son como se presenta a continuación:

La raza de las agallas se muestra porque en las hojas aparecen unas protuberancias por el haz, coincidiendo con depresiones en el envés, rodeadas de una abundante pilosidad, blanquecina al principio y rojiza después.



Figura 4.14.- Detalle de protuberancias en hojas.

Los daños que causa no son de gran importancia excepto en viveros y plantaciones jóvenes.

La raza de las yemas en unos casos impide la brotación y en otros la retrasa y en los brotes origina entrenudos cortos, en los racimos reduce su tamaño, y a las hojas las deforma.

Los daños en los racimos, que son los más importantes, afectan tanto a la cantidad como a la calidad de cosecha.

La raza que curva las hojas muestra los síntomas en verano, apareciendo un curvamiento más o menos acentuado de las hojas terminales hacia el envés.

Los métodos de control pueden ser culturales, tales como utilización de material sano en nuevas plantaciones y químicos mediante la aplicación de Azufre en espolvoreo contra el Oidio.

Es importante señalar que la raza de las agallas y hojas curvadas no se trata, y que la raza de las yemas se debe tratar en los estados fenológicos C/D mediante la pulverización con Endosulfán y Bromopropilato, repitiendo el tratamiento a los 15 días.



Figura 4.15.- Síntomas de Erinosis en hojas de vid.

Como no existe un umbral de tratamiento, únicamente se recomienda hacer un conteo al inicio de la hinchazón de las yemas, en parcelas donde hubo plaga el año anterior, estimando el porcentaje de yemas que presentan como síntomas externos la aparición de borra excesiva de color marrón-rojizo.

4.1.6.- Acariosis (*Calepitrimerus vitis* Nal.)

En la actualidad esta plaga está extendida por toda la zona vitícola de La Rioja y en focos aislados en Navarra, Zaragoza, Cádiz y Valencia (Pérez Marín, J. L., 1998 a).

Estos ácaros pasan el invierno como grupos de hembras adultas, escondidos debajo de las escamas de las yemas y, en menor cantidad, en las grietas de la madera.

Estas hembras, que tienen un cuerpo de forma troncocónica que mide aproximadamente 0.2 mm de largo, de color amarillento, con abdomen con numerosas estrías transversales, al llegar la primavera, coincidiendo con el desborre de la vid, comienzan su actividad picando fundamentalmente las hojas jóvenes que tienen abundante pilosidad. Cuando se han alimentado suficientemente, inician la puesta, depositando los huevos (muy grandes en comparación con los adultos), en el envés de las hojas, las cuales se transforman después en ninfas, que permanecen inmóviles, durante una semana, después de la cual sale el adulto (Pérez Marín, J. L., 1996).

A lo largo del año tiene de 3 a 4 generaciones, que van colonizando de forma ascendente las hojas.

Al final del verano las hembras adultas comienzan a abandonar las hojas y a buscar sus refugios invernantes.

Si la climatología es favorable al cultivo, los daños causados por este ácaro pierden importancia.

- Los síntomas y daños que producen estos ácaros se pueden apreciar durante el verano en las hojas terminales de los brotes. Mirándolos al trasluz se observan numerosos puntos blancos ocasionados por las picaduras de los ácaros.

Los daños más importantes son causados por las hembras al iniciarse el desborre, ya que dificultan la brotación de las yemas, y provocan el aborto de algunas flores como consecuencia de un mal cuajado (Baillod, M. y Guignard, E., 1986).

Cuando las picaduras de estos ácaros son numerosas provocan falta de crecimiento, y la planta adquiere un aspecto raquítrico con entrenudos cortos.

Los daños están muy influenciados por la densidad de la plaga y por las condiciones climáticas existentes durante el desborre, de forma que si las temperaturas son bajas, los ácaros se distribuyen en una superficie foliar reducida, pudiendo provocar daños importantes, en cambio, si las temperaturas son normales o altas, los daños son débiles o incluso pueden pasar desapercibidos ya que los ácaros se reparten por toda la superficie foliar (Pérez Moreno, I., 1997).

La acariosis es particularmente peligrosa en viñas jóvenes.

Para aplicar métodos de control es necesario hacer una estimación de la densidad de la plaga invernante, que es la que causa daños al año siguiente. Ésta puede hacerse a partir del envero, observando al trasluz una muestra de unas 100 hojas terminales elegidas al azar en la parcela después de la poda, y observando con un binocular una muestra de unas 100 yemas/ha cogidas al azar, lo cual, aunque es más laborioso, es más indicativo de la densidad de plaga invernante (Pérez Marín, J.L., 1998).

Son buenas prácticas culturales la quema de los restos de poda y no usar para injertar sarmientos de parcelas atacadas.

La aplicación de productos químicos requiere hacerla en el momento oportuno, el cual es en el estado fenológico C o punta verde, y se hará sólo si se ha comprobado la presencia de ácaros en alguna de las observaciones realizadas a partir del envero o

después de la poda, y sobre todo si las temperaturas durante ese estado son bajas (Remund, U., 1987).

La aplicación recomendada es la pulverización de Piridiamefón.

4.2.- ENFERMEDADES

4.2.1.- Mildiu de la vid (*Plasmopora vitícola* Berk. y Curt., Berl. y Ton.)

Esta enfermedad, debido a los daños tan graves y espectaculares que produce, es una de las mejor conocidas por los viticultores de todo el mundo, ya que puede atacar, si las condiciones climáticas le son favorables, a todos los órganos verdes de la planta.

Además de como “Mildiu”, “Mildio”, “Mildeu”, se conoce como “Niebla” y “Añublo”, y está causada por un hongo denominado *Plasmopora vitícola*, originario de Norteamérica, ya que parece ser, aunque no hay seguridad, que algunas de la vides americanas importadas por Francia para combatir a la Filoxera transportaban micelio y oosporas del referido hongo y, precisamente cuando los franceses empezaban a disfrutar de sus nuevas plantaciones, apareció este problema dañando a las hojas y a los frutos, muy susceptibles, de las vides *vinífera* (Pérez Marín, J. L., 1998 d).

Aunque en los años secos esta enfermedad no resulta demasiado grave, en los años húmedos puede ser desastrosa. Las viñas afectadas no producen cosecha alguna, y hubo que esperar hasta 1882, cuando Alexis Millardet, profesor de la universidad de Burdeos, recorriendo una viña observó que las vides que bordeaban el sendero que recorría parecían mucho más sanas que las demás, que presentaban síntomas de Mildiu, dándose cuenta de que para evitar que le robaran las uvas, el dueño había pulverizado con una sustancia de aspecto venenoso que dio lugar al caldo bordelés, uno de los primeros fungicidas usados en el control de las enfermedades de las plantas (Siriez, H., 1978).

En España, la enfermedad fue detectada por vez primera en Barcelona, en 1880, extendiéndose en pocos años a todo el viñedo español, siendo, actualmente, endémica en los viñedos del Norte de España, donde las lluvias son más abundantes (Pérez Marín, J. L., 1998 d).

En la actualidad, aunque las pérdidas económicas que puede producir pueden ser muy importantes, el riesgo es menor debido al mejor conocimiento de la biología del

hongo, a la existencia de productos sistémicos y penetrantes y a la mejor preparación de los viticultores en cuanto a conocimientos y maquinaria de aplicación de los productos fitosanitarios.

El estudio del ciclo biológico del hongo indica que en invierno se conserva en las hojas muertas de la vid en forma de oospora, lo que se conoce como huevo de invierno, que constituye la fase sexual del hongo. Debido a las dos membranas que la recubren, que son muy resistentes a las condiciones climáticas adversas, puede conservar su poder de infección al menos dos años.

En primavera, cuando el terreno está suficientemente húmedo, la temperatura es superior a 12° C y sobreviene en uno o dos días una lluvia de, al menos, 10 mm, que se conoce como lluvia contaminante, las oosporas germinan emitiendo un esporangióforo, en cuyo extremo se forma un esporangio que contiene zoosporas móviles, las cuales, depositadas sobre los órganos verdes de la cepa, pueden germinar y penetrar a través de un estoma, siendo imprescindible para ello la presencia de agua líquida.

Se inicia así el período de incubación de la contaminación primaria, que es invisible y durante el cual se forma en el interior del órgano atacado, el micelio del hongo compuesto de una red de filamentos dotados de órganos chupadores, conocidos como haustorios, con los que extrae las sustancias nutritivas de la célula. Al final de dicho período aparece en el haz de la hoja una zona de color verde-pálido conocida como mancha de aceite, que se corresponde en el envés con una pelusilla blanquecina si el tiempo es húmedo. Esta pelusilla está formada por esporangióforos con sus esporangios, en el interior de los cuales están las zoosporas.



Figura 4.16.- Mancha de aceite.

El período comprendido entre la germinación de la zoospora y la aparición de nuevas zoosporas se llama período latente o ciclo y puede oscilar entre 7 y 14 días, según la temperatura y la humedad relativa.

Las zoosporas, arrastradas por el agua o el viento, pueden dar lugar a nuevas infecciones en otras plantas, lo que se conoce como contaminaciones secundarias.

Al final de la vegetación, cuando la temperatura desciende, se forman, en las hojas que van a caer, las oosporas por reproducción sexual mediante la fusión de dos gametos de distinto tamaño.

Los factores climáticos tienen una influencia determinante sobre el desarrollo del hongo y de la enfermedad.

Las condiciones necesarias para que se produzca una contaminación primaria son:

oosporas maduras + brotes de la vid de unos 10 cm + lluvia > 10 mm 1-2 días + T^a m > 12° C



Figura 4.17.- Síntomas de Mildiu en hojas.

Las condiciones necesarias para que se produzca una contaminación secundaria son (Dalla Marta *et al.*, 2005):

presencia de zoosporas + H₂O líquida (lluvia o humectación de las hojas > 2 h)



Figura 4.18.- Mancha esporulada.

La duración de un ciclo depende de la temperatura y de la humedad relativa, según se ofrece en la siguiente tabla:

<i>Duración de 1 ciclo (días)</i>	<i>T^a(°C)</i>	<i>HR (%)</i>
7	20-21	> 7,5
8	19-20	“
9	18-19	“
10	17-18	“
11	16-17	“
12	15-16	“

Tabla 4.2.- Duración del ciclo en función de la temperatura y de la humedad relativa.

Si la temperatura es menor de 10° C impide la germinación de las oosporas, y si es mayor de 30° C impide la germinación de las zoosporas.

Los síntomas y daños que produce el Mildiu afectan a todos los órganos verdes de la cepa, localizándose preferentemente en las hojas y en los racimos.

En las hojas los síntomas se manifiestan por la típica “mancha de aceite” en el haz, que se corresponde en el envés con una pelusilla blanquecina si el tiempo es húmedo. Al final de la vegetación estas manchas adquieren la forma de mosaico.

Los ataques fuertes producen una desecación parcial o total de las hojas e incluso una defoliación prematura, que repercute en la cantidad y calidad de la cosecha, así como en el buen agostamiento de los sarmientos.



Figura 4.19.- Desecación parcial de las hojas.

En los racimos los síntomas se manifiestan por curvaturas en forma de S y oscurecimiento del raquis de color achocolatado y posterior recubrimiento de una pelusilla blanquecina si el tiempo es húmedo, ocurriendo lo mismo en flores y granos recién cuajados.



Figura 4.20.- Racimo afectado de Mildiu

Los ataques durante el período de floración-cuajado pueden ocasionar la pérdida total del racimo, mientras que los más tardíos suelen afectar solamente a una parte del mismo.



Figura 4.21.- Detalle de Mildiu en racimo.

Cuando los granos superan el tamaño de un guisante no se oscurecen ni aparece la pelusilla blanquecina, sino que se arrugan y finalmente se desecan, lo que se conoce por “mildiu lavado”.

El control del mildiu exige realizar un seguimiento de la enfermedad que consiste en conocer diariamente las variables climáticas siguientes: temperatura (°C), humedad relativa (%), humectación de las hojas (horas) y lluvia (mm), que pueden ser proporcionadas por aparatos más o menos sofisticados o por instrumentos meteorológicos tradicionales tales como termómetro de máxima y mínima, hidrógrafo, humectógrafo y pluviómetro (Pérez Marín, J. L., 1998 d).

El cálculo del porcentaje de desarrollo del hongo se inicia al día siguiente de existir condiciones favorables y se termina cuando alcanza un 100% acumulado, lo cual se obtiene mediante las tablas que se presentan a continuación, que proporcionan el porcentaje de desarrollo diario del hongo conociendo la temperatura y la humedad relativa (Goidanich, G., 1964).

Al llegar al 100% de desarrollo se comprobará en pleno campo si la predicción teórica se corresponde con la realidad y si se observan manchas, se empezará a calcular la contaminación secundaria a partir de que existan condiciones favorables.

<i>Temperatura media (°C)</i>	<i>% diario desarrollo Hm<75%</i>	<i>% diario desarrollo Hm>75%</i>	<i>Temperatura media (°C)</i>	<i>% diario desarrollo Hm<75%</i>	<i>% diario desarrollo Hm>75%</i>
12	0.00	5.25	19	12.50	16.60
25	4.40	5.75	25	12.90	17.50
50	4.70	6.20	50	13.40	18.30
75	5	6.70	75	13.70	19.30
13	5.30	7.10	20	14.20	20
25	5.70	7.70	25	14.50	20.50
50	6	8	50	14.80	21
75	6.30	8.50	75	15	21.50
14	6.60	9	21	15.30	22.20
25	6.80	9.40	25	15.70	22.20
50	7.10	9.70	50	16	22.20
75	7.30	10.20	75	16.30	22.20
15	7.60	10.60	22	16.60	22.20
25	7.80	10.80	25	17	22.60
50	8.10	11.10	50	17.30	23.50
75	8.30	11.30	75	17.70	24.40
16	8.50	11.70	23	18.10	25
25	9	12	25	18.10	25
50	9.30	12.50	50	18.10	25
75	9.60	12.90	75	18.10	25
17	10	13.25	24	18.10	25
25	10.30	13.60	25	17.70	24.30
50	10.50	14.30	50	17.30	23.50
75	10.75	14.75	75	17	23.20
18	11.10	15.30	25	16.60	22..20
25	11.48	15.20	Nota: A partir de 25° C el desarrollo es constante.		
50	11.70	16			
75	12.10	16.30			

Tabla 4.3.- Tanto por ciento diario de desarrollo del Mildiu (Tabla de Goidanich).

Además es necesario tener en cuenta que:

1°.- Es muy importante constatar la contaminación primaria en campo, localizada generalmente en hojas próximas al suelo, en cepas situadas en zonas propensas tales como hondonadas, viñedos junto al río, etc. y a partir de ahí seguir la técnica expuesta. La localización se facilita estableciendo unos premios en metálico para los agricultores que indiquen la aparición de la primera mancha en su municipio, debido principalmente a que su detección es muy difícil por la poca cantidad con que se manifiesta en el primer ciclo.

2°.- Los resultados obtenidos a través de los datos que suministra una estación meteorológica sólo son aplicables a un entorno más o menos amplio junto a la estación, que depende directamente de la topografía del terreno.

3°.- Los años con primaveras lluviosas son potencialmente los más peligrosos para que se produzcan fuertes ataques.

La estrategia de lucha, que puede ser preventiva o curativa, consiste en aplicar productos de contacto, sistémicos o penetrantes, en el momento oportuno para impedir o detener la germinación de las zoosporas.

Como el viticultor normalmente no tiene medios para saber el momento oportuno de tratamiento debe guiarse por las indicaciones que proporciona la Estación de Avisos Agrícolas más cercana, la cual dará un aviso cuando el hongo haya alcanzado el 70-80% de desarrollo.

No obstante, aunque la evolución del hongo indique que no existe peligro de ataque, se debe realizar un tratamiento al iniciarse la floración, ya que el período floración-cuajado es el más sensible, y si se produce un ataque, aunque sea leve, las consecuencias pueden ser graves pues el hongo afectará directamente al racimo.

Después del verano los ataques generalmente revisten poca importancia, aunque en años excepcionales, con condiciones climáticas favorables, puede ser conveniente controlar los ataques tardíos.

El único medio de control eficaz es la pulverización de productos químicos, los cuales, por sus características diferentes, condicionan la estrategia de lucha, de forma que si se utilizan productos de contacto, a base de cobre u orgánicos, los tratamientos deben realizarse de forma preventiva antes de que se produzcan lluvias para impedir la germinación de las zoosporas, debiendo repetir el tratamiento, siempre que las condiciones de desarrollo continúen siendo favorables, cada 10-12 días o después de una lluvia tormentosa de 10-12 mm o una lluvia normal de 20-22 mm (lavado del producto) (Viennot-Bourgin, M., 1978).

Estos productos, principalmente los que lleven cobre, son muy recomendables para aplicar en los últimos tratamientos, ya que a partir del estado de grano de tamaño guisante el crecimiento de la vid se ralentiza y la mayor persistencia del cobre adquiere todo su valor (Gullino *et al.*, 1980; Beltrami y Capri, 1999; Pontiroli *et al.*, 2001).

Si se utilizan productos sistémicos o penetrantes tales como Benalaxil, Metalaxil, Ofurace, Oxadixil, Cimoxamilo, Etilfosfito de aluminio, mezclados con

productos orgánicos, los tratamientos pueden realizarse antes de las lluvias o en un plazo de 2 a 6 días después de éstas según el producto empleado, debido al poder que poseen de detención del desarrollo del micelio. Además, como son absorbidos rápidamente por la planta (1 hora) no es necesario repetir el tratamiento si llueve después del tiempo indicado pues no se pierde por lavado. La persistencia de los productos sistémicos es de 15 días y la de los penetrantes 12 días. Estos productos deben utilizarse desde la aparición de los primeros síntomas hasta el estado del grano de tamaño guisante (Lafon *et al.*, 1977; Lafon, R., 1989).

No conviene abusar de los productos sistémicos ya que facilitan la aparición de cepas resistentes.

La modelización del mildiu de la vid o método E.P.I. (Estado Potencial de Infección), en la fase invernal, que se extiende de Octubre a Marzo, representa una estimación a final de Marzo del porcentaje de “huevos de invierno” viables, lo cual es primordial para predecir la fecha probable de aparición (Tron Manh Sung, C., 1989).

En la fase vegetativa, que se extiende de Abril a Agosto, modula los riesgos obtenidos al final de la fase invernal.

Como el conocimiento de la climatología (temperatura, humedad relativa, lluvia, etc.) es de suma importancia para combatir el mildiu adecuadamente, la importancia de disponer de una red anti-mildiu en cada zona vitícola es evidente.

Una red anti-mildiu debe estar formada por una serie de puestos meteorológicos debidamente ubicados para poder tener un conocimiento adecuado de la climatología existente en la zona vitícola a defender. El número de puestos a instalar estará en función de la topografía del terreno, cuanto más uniforme sea el terreno menor número de puestos meteorológicos serán necesarios instalar, y se deben componer, como mínimo, de termómetro de máxima y mínima, un hidrógrafo y un pluviómetro, para poder obtener diariamente la temperatura media, la humedad relativa media, las horas de humectación y la pluviometría.

4.2.2- Oidio de la vid (*Uncinula necator* Burr.)

Es una enfermedad que procede de América, llegó a España antes que el Mildiu, está ampliamente extendida, casi siempre hace acto de presencia, y en años de condiciones climáticas favorables para su desarrollo, puede ocasionar, en variedades

sensibles, y en zonas propensas, la pérdida total de la cosecha (Pérez de Obanos, J. J., 1998).

Además de Oidio recibe distintos nombres según las regiones tales como “ceniza”, “cenicilla”, “polvillo”, “blanqueta”, etc.

El Oidio puede atacar todos los órganos verdes de la vid.

En las hojas los síntomas pueden aparecer tanto por el haz como por el envés, y se muestran como un polvillo blanco ceniciento, que puede limitarse a algunas zonas o bien ocupar toda la superficie de la hoja.

Cuando el ataque es intenso, las hojas aparecen abarquilladas y recubiertas del polvillo por el haz y el envés.

En los brotes y sarmientos aparecen manchas de color verde más oscuro que se van transformando en manchas de color chocolate según se va agostando el sarmiento.

Cuando los ataques son fuertes también originan un mal agostado de los sarmientos.



Figura 4.22.- Manchas de Oidio en sarmiento.

En los racimos, al principio, los granitos aparecen con un cierto tinte plomizo, recubriéndose en poco tiempo del polvillo ceniciento.

Los daños importantes tienen lugar en los racimos ya que los ataques fuertes ocasionan la detención del crecimiento de la piel por lo que es frecuente que ésta se agriete y lleguen a rajarse algunos granos. Además de daños directos en la cantidad y calidad de la cosecha, produce daños indirectos al favorecerse la penetración del hongo *Botrytis cinerea* (Gadoury *et al.*, 2002).



Figura 4.23.- Ataque de Oidio en racimo.

El estudio del ciclo biológico enseña que el hongo inverna principalmente como micelio en el interior de las yemas pudiendo hacerlo también en forma de cleistotecios en los sarmientos (Viccinelli y Brunellia, 1993).



Figura 4.24.- Cleistotecios en el raquis.

Cuando llega la primavera y comienza la brotación de la viña, el hongo sale de su letargo y comienza a desarrollarse en forma de micelio invadiendo toda la planta.

Como es un hongo ectoparásito y por tanto su micelio se localiza en el exterior de los tejidos, envía al interior de las células epidérmicas unos órganos chupadores, denominados haustorios, que extraen el alimento de la célula hasta que muere, lo que da lugar a la aparición de pequeños puntitos oscuros en hojas y bayas.

Contrariamente a lo que es normal, las esporas de *Uncinula necator* no tienen necesidad de agua para germinar, por lo que las infecciones se producen en ausencia de lluvia, si bien, sus conidias, para germinar precisan de cierta humedad relativa en el aire. Aunque el desarrollo del hongo puede comenzar a partir de 5-10° C, el óptimo se da de 20 a 25° C, y cuando la temperatura supera los 35° C el hongo muere. Ello explica que esta enfermedad sea temible cuando la temperatura se mantenga entre 20 y 22° C y la humedad relativa sea elevada (Pérez de Óbanos, 1996; Clerjeau *et al.*, 1998; Deliere *et al.*, 2002)

A finales del verano en la cara superior de la hoja, aparecen las fructificaciones sexuadas del hongo, denominadas cleistotecios. También pueden aparecer en sarmientos no agostados, peciolos, raquis, etc. los cuales son capaces de resistir el frío y la desecación, lo que permite a este parásito pasar el invierno, hasta que en primavera se abren dejando en libertad las ascas con sus ascosporas que iniciarán un nuevo ciclo de enfermedad.

Los únicos métodos de control son los químicos, de los cuales el fungicida más eficaz es el azufre, el cual se aplica tanto en espolvoreo como en pulverización.

Los momentos oportunos de tratamiento en variedades sensibles y en años normales son los siguientes:

1º.- Cuando los racimos se hacen visibles (estado fenológico F), teniendo la mayoría de los brotes entre 5-10 cm. Como la vegetación en este estado está poco avanzada el gasto de azufre es mínimo. Previene de los ataques primarios.

2º.- Al comienzo de floración (inicio estado fenológico I). Protege a los racimitos recién formados y además evita el “corrimiento”.

3º.- Con granos de tamaño guisante-garbanzo: Protege al fruto en la época en que los tratamientos pueden ser más graves.

En variedades muy sensibles en zonas o años muy propicios pueden ser necesarios tratamientos adicionales: entre el 1^{er} y el 2º tratamiento y entre el 2º y el 3^{er} tratamiento.

4º.- Al principio del envero.

Los fungicidas recomendados de contacto son el Azufre micronizado o flor de Azufre, el Dinocap y el Permanganato potásico, así como biofungicidas (Monchiero *et al.*, 1995; Benuzzi y Baldoni, 2000).

Como el azufre actúa principalmente por desprendimientos de vapores, su máxima eficacia se obtiene cuando el tiempo es bueno y seco, con una temperatura mayor de 14° C, y es preciso tener en cuenta que a temperatura superior a 30° C puede producir quemaduras, y que si se aplica en fechas próximas a la vendimia puede comunicar al vino un aroma desagradable.

Los fungicidas sistémicos recomendados son, Fenarimol, Propiconazol, , Triadimenol.

4.2.3.- Podredumbre gris (*Botrytis cinerea* Pers.) (*Botryotinia fuckeliana* de B. y Fck.)

Esta enfermedad que se conoce por nombres tales como “podredumbre gris”, “botrytis”, “gangrena” y “podrido”, afecta a la cantidad y a la calidad de la cosecha, y está extendida por todos los viñedos españoles causando los daños más importantes en la zona del norte y en la costero-mediterránea, ya que las condiciones climáticas, humedad principalmente, son favorables a su desarrollo (Pérez Marín, J. L., 1998 b).

El nombre de podredumbre gris se debe al aspecto que el patógeno presenta en los tejidos parasitados sobre los cuales, en condiciones de alta humedad relativa, produce eflorescencia grisácea.

Durante el invierno el hongo se conserva como esclerocios visibles sobre los sarmientos en forma de manchas negruzcas alargadas, si bien donde principalmente se conserva es en las grietas de la madera o en las yemas en este caso como micelio.

En primavera, con condiciones favorables de humedad y temperatura, se producen conidias, las cuales mantienen su poder germinativo durante unos 30 días, y son diseminadas por el viento y/o la lluvia, germinando y contaminando los órganos verdes de la cepa si éstos se encuentran mojados (Lucas Espadas, A., 1996).

El número de conidias en el aire es máximo durante el envero-maduración y disminuye paulatinamente a partir de la recolección.

La penetración de las conidias en los tejidos vegetales, aunque las heridas favorecen extraordinariamente su penetración, puede realizarse directamente. Los granos, si no presentan heridas durante el período cuajado-envero, son refractarios a la penetración de las conidias debido a que existen en su hollejo sustancias que inhiben su germinación, en cambio, durante el período de maduración, los granos presentan su máxima sensibilidad debido a la concentración de azúcares que son la base nutritiva del hongo. Los restos de flores constituyen también un buen sustrato para la instalación del hongo.

Una vez que las conidias han germinado, penetran en el interior del órgano atacado produciendo un micelio que, después de haber destruido el tejido parasitado, sale al exterior produciendo conidióforos con conidias, al principio son de color blanco, y al cabo de unos pocos días toman el color grisáceo que caracteriza a esta enfermedad. Estas conidias producen nuevas contaminaciones a lo largo del período vegetativo de la vid y al llegar el otoño el hongo comienza a formar sus órganos de conservación (esclerocios).

Los factores climáticos tienen una influencia muy importante en el desarrollo del hongo. Así, la humedad es necesaria para que se produzca la germinación de las conidias, la cual se ve activada con temperaturas entre 0-40° C (Fermaud *et al.*, 2001). Las heridas producidas en los granos por la “polilla del racimo”, el “oidio”, “granizo”, etc favorecen el desarrollo del hongo y las variedades de racimos compactos y con granos de epidermis fina son más sensibles al hongo, así como los viñedos con fuerte abonado nitrogenado.

La podredumbre gris puede afectar a todos los órganos verdes de la cepa, pero principalmente a los racimos. Sus síntomas y daños son:

En las hojas, el ataque no suele tener importancia económica. Los síntomas se manifiestan en el borde del limbo, en forma de amplias necrosis que tienen el aspecto de quemaduras, y también, si el tiempo es húmedo, aparece sobre el borde de las manchas una pelusilla gris.

En los brotes jóvenes y sarmientos aparecen manchas alargadas de color achocolatado, que se recubren de una pelusilla gris si el tiempo es húmedo. Estas manchas, al final de la vegetación, se tornan negruzcas y alargadas sobre un fondo blanquecino a lo largo del sarmiento y principalmente en su extremo, que agosta mal y tiene poca consistencia.

Los ataques fuertes pueden ocasionar la pérdida de algunos brotes, con la consiguiente disminución de cosecha, y posteriormente la de algunas yemas de la base de los sarmientos, que no brotan al año siguiente.

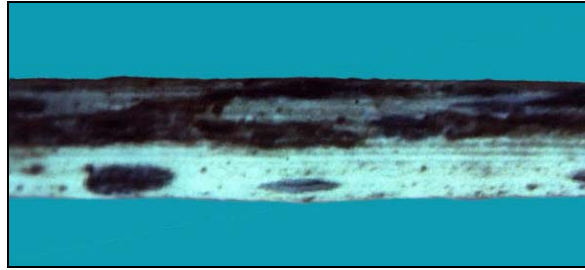


Figura 4.25.- Esclerocios de *Botrytis* en sarmiento.

En los racimos los síntomas durante el período de floración-cuajado se manifiestan sobre las inflorescencias y en el raspón del racimo en forma de manchas achocolatadas. Durante el período del envero-recolección, los granos presentan sobre su superficie un moho de color grisáceo típico que les da el aspecto característico de “podridos”.

Los síntomas descritos pueden manifestarse sobre el raquis y sobre las inflorescencias.



Figura 4.26.- Botritis en uva.

Los ataques pueden ocasionar una disminución importante de cosecha, una disminución de calidad de los vinos y en la uva de mesa la pérdida cuantitativa puede ser especialmente importante, pues obliga a la eliminación manual de los granos atacados para dejar el racimo presentable para su comercialización, e incluso si el ataque es importante impide su comercialización (Palotta *et al.*, 1995).

Los métodos de control exigen conocer los datos climáticos como la humedad, principalmente los de desarrollo del parásito, germinación y diseminación de conidias y los de la planta, como son sus estados fenológicos más sensibles y cultivares más susceptibles.

Existen tres métodos para el control de la enfermedad:

1º.- Método Standard: consiste en aplicar cuatro tratamientos preventivos fijos en los estados fenológicos correspondientes a: caída de capuchones florales (cuajado), granos tamaño guisante (cerramiento del racimo) antes de que los granos engorden y cierren el racimo de forma que se introduzca el fungicida en el interior del racimo, inicio del envero o momento en que las uvas empiezan a enriquecerse de azúcares haciéndose más susceptibles, y 21 días antes de la recolección (por razones higiénicas y legales no se debe realizar después).

2º.- Método “15-15”, el cual consiste en realizar tratamientos desde el inicio de floración hasta 21 días antes de la recolección siempre que exista un período de humectación igual o superior a 15 h y la temperatura durante ese período sea igual o superior a 15° C, dejando entre dos tratamientos como mínimo un intervalo de 10 días.

3º.- Método “EPI” (Estado Potencial de Infección), el cual consiste en calcular, mediante unas fórmulas que cuantifican la interacción entre clima-parásito-planta, el EPI en cada uno de los momentos fenológicos indicados para el método “estándar”, y tratando cuando el EPI en un estado fenológico determinado sea mayor que el EPI calculado en el estado fenológico anterior, excepto para el EPI calculado 21 días antes de la recolección que debe ser 2 veces mayor que el EPI calculado al inicio del envero; y no se trata en caso contrario. Este método ha sido propuesto por Strizyk para Francia y posiblemente requiera ser adaptado para otras zonas.

La estrategia a seguir es diferente para cada zona y cada variedad, y debe ser el propio viticultor el que la lleve a cabo teniendo en cuenta que el mejor control del hongo se obtiene aplicando el método standard, pero tiene el inconveniente de que, a veces, se realizan tratamientos indiscriminados sin tener en cuenta si existe o no riesgo de ataque, con lo cual se aumenta el coste de producción de manera importante ya que los productos químicos utilizados son caros, y además se acelera la aparición de cepas resistentes.

No obstante, según los ensayos realizados en algunas zonas de nuestro país y considerando las condiciones climáticas y variedades existentes, la estrategia más racional a seguir consiste en aplicar técnicas culturales tales como fertilización sin exceso de abonos nitrogenados, realizar podas equilibradas, deshojados para facilitar la aireación de los racimos, y evitar los portainjertos muy vigorosos, marcos de plantación demasiado estrechos y las variedades de racimo compacto. También se aconseja quemar los restos de poda, evitar los ataques de Oidio y Polilla del racimo, causantes de heridas en los granos (Bisiach *et al.*, 1986).

Estas técnicas se acompañarán con un tratamiento al inicio del envero (C), y otro alternativo 21 días antes de la recolección si la humectación ha sido abundante durante el período de maduración, excepto para las variedades sensibles que deben recibir otro tratamiento en el período floración-cuajado, sobre todo si existe humedad.

También se puede aplicar control biológico, mediante la utilización del hongo *Trichoderma viridie*, antagonista de *Botrytis cinerea*, siguiendo el método standard. Los resultados obtenidos son prometedores, si bien el problema radica en las dificultades de ser multiplicado industrialmente, motivo por el cual actualmente no existe en el mercado.

Es el control químico el método de control que mejores resultados consigue. Se realiza mediante la pulverización de gotas de pequeño tamaño, que mojen bien toda la planta, de productos químicos sistémicos tales como, Cabendazima, Metil-tiofanato... o de contacto, tales como, Folpet, Iprodione, Procimidona, (Faretra y Pollastro, 2001).

Es importante destacar que estos productos deben alternarse en cada tratamiento para no provocar la aparición de cepas resistentes, y que el último tratamiento debe realizarse 21 días antes de la recolección para evitar alteraciones en la fermentación de los mostos.

4.2.4.- Eutipiosis (*Eutypa lata* Hansf. Carter)

En España se diagnosticó por vez primera esta enfermedad en 1979 en Tierra de Barros (Badajoz), aceptándose el nombre de “eutipiosis” propuesto en Francia. Desde esa fecha se la ha encontrado en prácticamente todas las especies vitícolas, y afecta a un 5-6% del viñedo (Arias Giralda, A., 1998 b).

Está causada por un hongo que ataca a la madera y se propaga a partir de madera enferma que lleva varios años muerta, y ataca no sólo a la vid sino también al albaricoquero, ciruelo y otras especies, por lo que hay que evitar tener próxima a la parcela madera de vid muerta que puede mojarse por la lluvia.

Las ascosporas son expulsadas de las peritecas durante las lluvias y son dispersadas por el viento al final de invierno-primavera, y sólo pueden penetrar en la vid a través de heridas, siendo las más frecuentes las de poda, que en madera de un año son menos sensibles que las de madera más vieja (Dubos *et al.*, 1985).

Como las ascosporas pueden germinar entre una gama muy amplia de temperatura (1-45° C), y pueden ser arrastradas por el viento a distancias de hasta 50-60 Km y permanecer viables para la infección durante dos meses, además de las transmisiones del hongo por los instrumentos y útiles de poda, son muy importantes las infecciones naturales (Amborabé *et al.*, 2005)

Los síntomas y daños en la madera atacada se caracterizan por presentar un color marrón que, al dar un corte longitudinal o transversal a la cepa, aparece netamente diferenciado por color y por dureza.

Estos síntomas se inician a partir de una herida de poda y se extienden hacia la raíz en forma de cuña, pudiendo en ocasiones pasar al patrón (Chapuis *et al.*, 1998).



Figura 4.27.- Síntomas de *Eutypa* en madera.

Los síntomas en los brotes no se aprecian hasta el segundo año de la infección, pudiendo aparecer sólo en un brazo, pero pasan a los demás en años sucesivos, a medida que el hongo desciende por brazos y troncos. Los brotes se hacen débiles, con entrenudos cortos, hojas pequeñas, deformadas, cloróticas y con necrosis marginales. Los racimos se desecan.

Entre los métodos de control, los culturales son los más importantes y corresponden con medidas profilácticas tales como (Pérez Marín, J. L., 2000):

- Antes de comenzar la poda eliminar las vides o maderas muertas y quemarlas o guardarlas cerradas en un local.
- Eliminar toda la madera procedente de podas y del arranque de cepas muertas.
- Retrasar la poda todo lo posible.
- Realizar la poda en tiempo seco.
- Evitar heridas gruesas de poda.

- Eliminar con poda la madera afectada descendiendo algunos centímetros a la madera sana.
- Realizar el “Recegado” que consiste en seccionar el tronco enfermo a una cierta distancia de la parte afectada y reconstituir a partir de un pulgar, protegiendo la herida de poda.

La lucha profiláctica debe ser colectiva y es importante destacar que la madera del año se puede usar picada como reconstituyente térmico u orgánico de la parcela.

El control químico sólo puede hacerse con tratamientos preventivos para impedir la penetración del hongo por heridas.

Se ha demostrado la eficacia del Benomilo, del Metiltiofanato y de la Carbendazima, aplicados inmediatamente después de la poda y sobre todo en las heridas de mayor diámetro, a dosis elevadas 5-12’5 gr de materia activa/l, con brocha u otro método que asegure un buen recubrimiento de cada una de ellas. Actualmente se están desarrollando fungicidas microbiológicos (John *et al.*, 2005).

4.2.5.- Yesca o apoplejía parasitaria (*Stereum hirsutum* (Willd) Persoon. *Phellinus* (*Polyporus*) *igniarius* (L) FR.)

Es una enfermedad conocida desde muy antiguo en los países donde se cultiva la vid. En España se halla presente en todas las comarcas vitícolas, donde se conoce con nombres como el de “yesca” muy extendido por servir antiguamente la madera afectada por la enfermedad para hacer fuego y “apoplejía parasitaria” por reflejar muy bien aquellos casos en los que los ataques son fulminantes, acarreado en pocos días la muerte de la cepa.

La importancia de la enfermedad se refleja, más que en las pérdidas de un año determinado, en su constancia y progresión a lo largo de ellos, a medida que la planta envejece (Arias Giralda, A., 1998 c).

Los dos hongos responsables de la enfermedad penetran por las heridas de poda o de cualquier otro origen, y durante la primavera, merced a la intensa circulación de savia en las cepas se facilita su desarrollo por el interior de la madera en sentido radial y vertical, no apareciendo en el exterior más que sobre madera muerta, ya que el aire y la luz le son desfavorables.

Provoca dificultad en la circulación de la savia, por lo que, cuando las temperaturas se elevan con rapidez, los tejidos afectados no pueden compensar la intensa evapotranspiración y la parte afectada se marchita.

Los síntomas, que son variables según los órganos y formas de manifestarse, son los siguientes:

En los órganos verdes puede manifestarse de forma lenta, que es la más frecuente, y consisten en la aparición de decoloraciones internerviales y en los bordes de las hojas, amarillentas en los cultivares blancos y rojizas en los tintos. Las hojas terminan por caer y los racimos pierden peso pudiendo llegar a secarse.

También aparecen de forma rápida o apopléjica, lo cual suele ocurrir en los climas más cálidos y en pleno verano, cuando a días tormentosos o de cielo nublado suceden otros despejados y con altas temperaturas. La vegetación de algunas cepas, generalmente aisladas, se marchita, toma una coloración verde-grisácea, y acaba secándose en muy pocos días comenzando por las hojas terminales de los sarmientos.

En las partes lignificadas, en los cortes longitudinales y transversales se observan zonas que adquieren tonalidades más oscuras, que luego se agrandan, amarillean en el centro y conservan un tono oscuro por el borde hasta que finalmente los tejidos se desorganizan y se vuelven blancos y esponjosos.

Los efectos se traducen en daños que van desde la pérdida de peso y azúcares en la cosecha, hasta la muerte de parte o incluso de la cepa entera, lo que suele ocurrir al cabo de varios años (Pérez Marín, J. L., 2000).



Figura 4.28.- Lesiones de Yesca en cepa.

Los métodos de control pueden ser culturales, tales como precauciones en los cortes de poda, que si es necesario se deben cubrir con un producto protector. Los brazos y cepas muertos deben eliminarse y quemarse (Tuset, J. J., 1996).

Hasta ahora se controlaba bien químicamente aplicando arsenito sódico (actualmente prohibido su uso), el cual era preventivo, protegiendo las heridas, y curativo, impregnando la madera y descendiendo por ella, gracias tal vez a que, debido a la porosidad de las zonas atacadas, penetra y destruye el micelio del hongo.

Existe un método muy antiguo que consiste en abrir la cepa con un hacha, impidiendo que se cierre poniendo en medio una piedra, ya que el hongo no sobrevive en presencia de aire.

4.2.6.- Enfermedad De Petri (*Phaeoacremonium*)

En los últimos años, en la mayoría de los viñedos europeos y de otros continentes se está produciendo una reemergencia de la Enfermedad de Petri que está produciendo el decaimiento de jóvenes plantas de vid, por lo que se ha vuelto a estudiar esta enfermedad, identificada por Petri a principios del siglo XX.

Los resultados de estos estudios han demostrado la concomitante asociación o sucesiva invasión de varios microorganismos, como son: *Phaeomoniella chlamydosporum*, *Phaeoacremonium aleophilum* (Mugnai *et al.*, 1999).

Estos hongos provocan alteraciones en la madera de la vid. En secciones longitudinales del tronco y de las ramas aparecen estrías longitudinales oscuras, espaciadas irregularmente o agregadas y concluyentes. Las cuales, en sección transversal, se corresponden con manchas puntiformes de pocos milímetros, asiladas o en grupos, de color marrón o negruzco. También es frecuente la formación de tílides y gomas. El principal síntoma externo de la enfermedad es un desarrollo lento de toda la planta, entrenudos cortos, hojas pequeñas, bandas cloróticas en hojas, diámetro reducido de brotes y tronco; siendo muy sensible al estrés hídrico, puede dar lugar a una apoplejía semejante a la Yesca. La cepa se va debilitando pudiendo llegar a morir el año de su plantación. Si se poda y se deja en dos yemas en inviernos sucesivos, puede continuar su desarrollo pobremente. Pero en unos años puede sobrevenir el colapso.



Figura 4.29.- Síntomas de la Enfermedad de Petri en corte transversal y longitudinal del tronco.

Tanto *Ph. chlamydosporum* como *Ph. aleophilum* pueden diseminarse, al menos durante parte de su ciclo biológico, de forma aérea. Penetran por las heridas de poda. La contaminación suele tener lugar en periodos lluviosos y con temperaturas suaves. Ambos patógenos pueden propagarse a partir de plantas enfermas desde el vivero (Larignon y Dubos, 1999).

Como método de control se recomienda la destrucción de cepas y sarmientos muertos. Podar las cepas sensibles lo más tarde posible. Evitar gruesas heridas de poda. Proteger las heridas de poda con un fungicida (Carbendazima, Flusilazol, Mástic) (Jasper, M.V., 2001) o la pulverización de las jóvenes plantas con Fosetil aluminio.

4.2.7.- Necrosis bacteriana (*Xilophyllus ampelinus*) (antes, *Xanthomonas ampelina* Panagopoulos)

Esta enfermedad, causada por una bacteria específica de la vid denominada *Xilophyllus ampelinus*, fue detectada en España por vez primera en Tosos (Zaragoza) en el año 1978 y posteriormente se han ido encontrando nuevos focos en La Rioja, Orense, Navarra y Pontevedra (López González, M. M., 1998).

Se caracteriza por poseer gran variabilidad en cuanto al poder patógeno de distintas cepas bacterianas y porque se conserva durante el invierno, sobre todo en la parte aérea de las cepas, principalmente en la base de los sarmientos afectados y en los restos de poda (Bradbury, J. F., 1991).

La propagación de la enfermedad tiene lugar a grandes distancias, mediante el material vegetal contaminado, y a cortas distancias, mediante el transporte por el viento de los “lloros” cargados de bacterias, por instrumentos de poda no desinfectados, por la lluvia y por las vendimiadoras mecánicas.

Aunque la bacteria suele penetrar en la planta a través de las heridas recientes de poda, también puede hacerlo a través de yemas, hojas, pedúnculo y raquis, y una vez dentro de la planta llega a los diversos órganos, siendo casi siempre los brotes próximos a los cortes de poda los más afectados (Grasso *et al.*, 1970).

En épocas de sequía, la enfermedad puede permanecer latente e incluso llegar a desaparecer de las plantas afectadas, mientras que en años lluviosos llega a mostrar una gran actividad.

Las heridas causadas por heladas, el granizo, los ataques parasitarios, la poda realizada fuera del período de reposo vegetativo, el exceso de abonos orgánicos y nitrogenados, el cultivo de ciertas variedades, la utilización de patrones muy vigorosos, el cultivo en zonas altas con altitud superior a los 500 m y el cultivo en suelos ligeros, favorecen los ataques de esta bacteria (Panagopoulos, C. G., 1987).

Los síntomas más característicos de esta enfermedad se muestran en las yemas y se manifiesta porque desborran con dificultad y el inicio de la brotación se retrasa considerablemente, dando lugar a brotes raquíuticos que en muchos casos se secan.

En la base de los sarmientos aparecen manchas alargadas de color oscuro que con el paso del tiempo forman chancros profundos, que pueden afectar al leño, debilitando la propia estructura de la cepa, la cual toma un porte llorón.

En las hojas de la base de los sarmientos aparecen pequeñas manchas rojizas u oscuras con un halo amarillento, y en los pecioloos suelen aparecer necrosis.

En los racimos tanto en el pedúnculo como en el raquis aparecen lesiones y en muchos casos se secan, con lo que la producción disminuye.

La enfermedad se suele presentar en rodales y cuando los ataques son severos la muerte de la planta puede sobrevenir en pocos años.

Los métodos de control utilizados son de tipo cultural y de tipo químico.

Los métodos culturales aconsejan además de utilizar material vegetal sano y poco susceptible, realizar la poda en el período de máximo reposo vegetativo, eliminar durante la poda los brazos afectados y sarmientos enfermos, desinfectar las tijeras de

poda con alcohol o lejía entre cada dos cepas, quemar todos los restos de poda y no abusar ni de abonos orgánicos ni de abonos nitrogenados.

El control químico, que es preventivo, evita la infección o limita su expansión, pero no cura las cepas. Es el caldo bordelés la formulación de mayor eficacia. Su aplicación debe hacerse inmediatamente después de la poda con una dosis de 500 gr de cobre metal/HI, y entre los estados fenológicos C o de punto verde y E o de hojas extendidas (Bugaret *et al.*, 2002).

En cuanto a la lucha biológica, indicar que se han podido aislar virus capaces de atacar y destruir a *X. ampelinus*.

4.2.8.- Excoriosis (*Phomopsis viticola* Sacc.) (Sin.: *Cryptosporella viticola* (Reddick) Shear)

Esta enfermedad, que fue detectada en Europa a primeros del siglo XIX, aunque hasta 1960 no se consiguió identificar el organismo causal, afecta a la mayoría de los viñedos españoles, aunque los daños más importantes los causa en la zona Norte, ya que la lluvia allí existente favorece su desarrollo (Pérez Marín, J. L., 1998 c).

El hongo se conserva durante el invierno principalmente en la madera necrosada y blanzuca de los sarmientos, y en las yemas y madera de los sarmientos. Sus picnidios aparecen como puntos negros visibles a simple vista, los cuales contienen en su interior las esporas e inician su maduración durante el invierno para estar la mayor parte maduros antes de iniciarse el desborre de la vid, siendo ésta la principal vía de propagación del hongo (Clarke *et al.*, 2004).

En la primavera, coincidiendo con el desborre de la vid, el hongo entra en intensa actividad. Los picnidios liberan las esporas aglutinadas en una masa gelatinosa amarillenta llamada cirro, bajo la acción del agua se diseminan y si la vid se encuentra en estado fenológico D, denominado estado receptivo y existen más de 7 h de humectación se produce la contaminación de los brotes jóvenes. Después de un período de incubación, que dura de 1 a 3 semanas, según la temperatura existente, aparecen los primeros síntomas sobre los entrenudos de la base de los pámpanos (Erincik *et al.*, 2003).

Durante el verano, el hongo continúa su evolución sobre los pámpanos, se van contaminando las yemas formadas y se hacen más visibles los síntomas.

En el otoño comienzan a formarse los picnidios y el micelio se hace más patente sobre los sarmientos por su típico blanqueamiento.

Es la lluvia el factor externo de mayor importancia en su desarrollo, hasta tal punto que, si durante el estado receptivo de la vid no se producen lluvias, las esporas procedentes de los picnidios no pueden germinar, no se diseminan y no habrá contaminaciones importantes.

La excoriosis puede afectar a todos los órganos verdes de la vid y no existen cultivares resistentes, siendo la variedad Garnacha una de las más susceptibles.

Sus síntomas en los brotes jóvenes y sarmientos se manifiestan porque se forman necrosis pasados 1 ó 2 meses después del desborre, que pueden aparecer como manchas oscuras deprimidas, que forman unas grietas más o menos superficiales en la corteza, y manchas marrón oscuro que toman el aspecto típico de una tableta de chocolate.

Durante el verano también puede observarse un estrangulamiento en las uniones de los brotes con la madera vieja lo que los hace frágiles pudiendo romperse fácilmente por acción del viento, peso de racimos, labores del cultivo, dando lugar a pérdida de cosecha. Al agostarse los sarmientos aparece un blanqueamiento de la corteza pudiendo observarse sobre ella unos puntitos negros que son los picnidios.

Las daños pueden ser importantes, pues muchas yemas son atacadas y éstas no brotarán a la primavera siguiente.

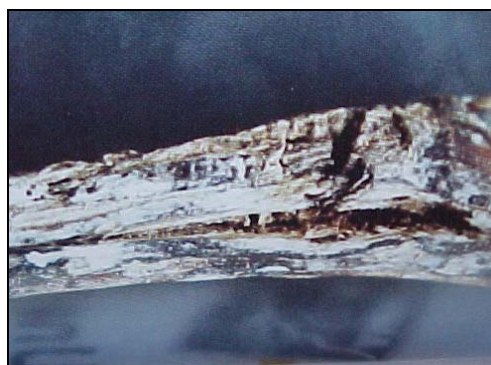


Figura 4.30.- Síntomas de Excoriosis.

En las hojas, donde los ataques tienen poca importancia económica, aparecen manchas oscuras localizadas preferentemente en peciolo y nervios principales, y si el ataque es fuerte produce marchitez, endurecimiento de hojas y pérdida parcial del follaje.

En los racimos los síntomas se localizan en el pedúnculo y en el raquis y son parecidos a los descritos en hojas, si bien son mucho más graves ya que ocasionan un mal cuajado e incluso decaimiento.

El control de esta enfermedad exige el seguimiento del ciclo utilizando un captaesporas para atraparlas y contarlas y haciendo la curva de evolución.

También es necesario observar la parcela después que se hayan caído las hojas y antes de podar, con el fin de constatar síntomas en sarmientos y poder decidir o no la necesidad de algún tratamiento.

La eliminación de los restos de poda y no utilizar para injertar sarmientos de parcelas infectadas, aunque aparentemente no tengan síntomas, son aconsejables.

Para aplicar control químico se puede actuar antes del desborre mediante la pulverización de Arsenito Sódico (actualmente prohibido) a la dosis de 6.25 gr m. a/hl, mojando muy bien los pulgares dejados en la poda, y después del desborre con tratamientos que protejan el estado fenológico D, de máxima sensibilidad, mediante la pulverización de Mancoceb, Folpet, Metiram y Propineb (Cucuzza y Sall, 1982; Castillo *et al.*, 1997)

4.2.9.- Tuberculosis (*Agrobacterium tumefaciens*)

Esta enfermedad que se conoce como “Tuberculosis”, “Cáncer”, “Agalla de cuello”, “Agalla de la corona”, “Tumores de cuello”..., no presenta un problema grave en España, y está causada por una bacteria muy polífaga *Agrobacterium tumefaciens* que se encuentra presente en la mayoría de las zonas agrícolas.

El poder tumorígeno de *A. tumefaciens* es debido a la incorporación del plásmido Ti, existente en las células bacterianas, a las células vegetales.

La bacteria puede conservarse en el suelo durante largos períodos de tiempo, donde vive saprofiticamente y puede extenderse a cortas distancias, a través del suelo, y a largas distancias, por el material vegetal contaminado o por la tierra que puede ir adherida a la planta huésped (Burr y Katz, 1984; López González, M. M., 1998).

Para poder penetrar en las plantas la bacteria precisa heridas recientes, las cuales se pueden producir por heladas, granizo, parásitos, aperos... y una vez dentro de la

planta de vid, al contrario de lo que ocurre en la mayoría de huéspedes, la bacteria es sistémica y se puede desplazar por toda la planta.

Facilitan su desarrollo las heridas, las dosis elevadas de abonado nitrogenado y los terrenos húmedos, en cambio el potasio lo disminuye (Burr y Otten, 1999).

La sintomatología más característica de esta bacteriosis, que puede afectar a cualquier parte de la planta, son los tumores que produce, los cuales, según la variedad, pueden ser de diverso aspecto y tamaño.

Los daños que ocasiona en vid no suelen ser graves, si bien, como perturban la circulación de la savia, afectan en mayor o menor medida a la producción de las cepas, y pueden además constituir puerta de entrada para otros parásitos.

La lucha contra esta enfermedad se basa fundamentalmente en aplicar métodos culturales, tales como utilizar material vegetal sano, emplear patrones resistentes, tales como Riparia Gloria, Rupestris de Lot, 3309G y 101-14 y cultivar variedades poco susceptibles.

Evitar la formación de heridas, eliminar los tumores con la poda, cortar y quemar los sarmientos afectados y posteriormente desinfectar las heridas con productos bactericidas tales como Sulfato de Fe al 25% y Sulfato de Cobre al 5% es aconsejable.

La utilización del biovar 3 de *Agrobacterium radiobacter* puede ser un prometedor método para controlar la Tuberculosis de la vid.

4.3.- CUADRO RESUMEN DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE CONTROL DE LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA VID

A continuación se presenta una tabla resumen de las principales plagas y enfermedades de la vid y de los métodos de protección fitosanitaria aplicados.

	Nombre común	Organismo causal	Método de protección
PLAGAS	Polilla	<i>Lobesia botrana</i>	Pulverización
	Filoxera	<i>Viteus vitifolii</i>	Patrones resistentes
	Piral	<i>Sparganottis pilleriana</i>	Pulverización
	Araña amarilla común	<i>Tetranychus urticae</i>	Pulverización
	Erinosis	<i>Eriophyes vitis</i>	Pulverización
	Acariosis	<i>Calepitrimerus vitis</i>	Pulverización
ENFERMEDADES	Mildiu	<i>Plasmopara viticola</i>	Pulverización
	Oidio	<i>Uncinula necator</i>	Pulverización y espolvoreo
	Podredumbre gris	<i>Bortytis cinerea</i>	Pulverización
	Eutipiosis	<i>Eutypa lata</i>	Pulverización heridas de poda
	Yesca	<i>Str. hirsutum, Phel. ignarius</i>	Pulverización heridas de poda
	Enfermedad De Petri	<i>Phaeoacremonium</i>	Pulverización
	Necrosis bacteriana	<i>Xilophyllus ampelinus</i>	Pulverización
	Excoriosis	<i>Phomopsis viticola</i>	Pulverización
	Tuberculosis	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Patrones resistentes

Tabla 4.4.- Plagas y enfermedades de la vid y principal método de control.

Se observa que más del 88 % de las plagas y enfermedades de la vid se tratan mediante la pulverización de productos fitosanitarios.

Capítulo 5

**PROCESOS DE INFECCIÓN POR HONGOS QUE
ATACAN TEJIDOS VEGETALES AÉREOS**

5.- PROCESOS DE INFECCIÓN POR HONGOS QUE ATACAN TEJIDOS VEGETALES AÉREOS

La afirmación de que el ideal de una aplicación mediante pulverización de productos fitosanitarios es la formación sobre la superficie vegetal de una película continua y uniforme de producto fitosanitario, que cubra estratégicamente los posibles puntos de infección potenciales o establecidos, para que pueda ejercer su acción protectora o curativa tiene un claro fundamento, ya que, aunque, afortunadamente, no todos los hongos que se depositan sobre una planta son capaces de infectarla, sino que la mayoría de las especies fúngicas no están equipadas para hacerlo, bien sea porque les falta alguno de los mecanismos morfológicos o bioquímicos de ataque o porque aún no consiguen superar los diferentes mecanismos de resistencia del huésped potencial, los hongos parásitos de plantas poseen mecanismos mediante los cuales pueden penetrar en las plantas, obtener el alimento, ramificarse, y volver a salir a la superficie para reproducirse y dispersarse. El modo prevalente en cada proceso varía con el tipo de hongo, el huésped, las condiciones ambientales y el órgano o tejido particular que está siendo atacado. En las enfermedades causadas por hongos que invaden partes vegetales aéreas, el inóculo que entra en contacto con la superficie vegetal lo hace generalmente en forma de espora, fragmentos de micelio, esclerocios, etc. (Soriano, M.L., 1993).

Una vez sobre la superficie vegetal, si las condiciones ambientales son favorables, la espora fúngica germina, formándose una protuberancia en su pared a partir de la cual se desarrolla una hifa, denominada tubo germinativo, cuyo número, disposición y tamaño varía en cada interacción huésped-parásito y según las condiciones ambientales, el cual crece sobre la superficie vegetal, no al azar, sino buscando un sitio por el que penetrar. Para ello se orienta por diversos estímulos que pueden ser de tipo químico (sustancias pécticas en uniones anticlinales, liberación de gases por los estomas, etc.), de tipo luminoso (positivo o negativo), o estímulos de contacto, como es la topografía de la superficie vegetal. A veces, rodeando al tubo germinativo se forman sustancias mucilaginosas que parece ser permiten un mejor contacto o adherencia con la superficie de la planta.

Una vez desarrollados los tubos germinativos, y encontrado el sitio más adecuado, el hongo penetra en la planta para obtener los nutrientes necesarios para su crecimiento. La penetración del parásito en la planta huésped puede tener lugar en unos casos directamente, a través de la epidermis, en otros a través de aberturas naturales y en otros a través de heridas naturales o provocadas por la acción del hombre.

En la penetración directa es necesario que el tubo germinativo pase a través de una serie de capas (la cutícula, formada por varias capas y sustancias diversas, y la pared celular de las células epidérmicas, formada por celulosa más otros polímeros), antes de que entre en contacto con el protoplasma del huésped.

Para realizar la penetración directa los hongos producen enzimas que degradan la cutícula y la pared celular (Bateman y Bashan, 1976; Baker y Bateman, 1978; Duddridge y Sargent, 1978, Aist, J.R, 1981).

Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones en que se ha observado penetración directa, se forma, una estructura hinchada denominada apresorio, generalmente de forma esférica u ovoide, que aumenta la superficie de contacto entre el hongo y el huésped (Emmett y Parrery, 1975). La penetración tiene lugar entonces por el crecimiento hacia el interior de la planta de una hifa de penetración, que se forma en la superficie inferior del apresorio, donde se adhiere al huésped.

Los verdaderos mecanismos de penetración directa de la planta mediante apresorios son todavía discutibles. En general se piensa que se dan simultáneamente factores mecánicos y degradación enzimática (Dickinson y Lucas, 1987).

En la penetración directa existe preferencia, en algunos hongos, para hacerlo a través de las paredes periclinales de las células epidérmicas, mientras que otros, que incluso están estrechamente emparentados taxonómicamente, muestran preferencia por penetrar a través de las uniones anticlinales de las células epidérmicas, o, incluso, por las uniones de las células guardas de los estomas con las células epidérmicas.

Resulta interesante la preferencia de algunos hongos para iniciar la penetración a través de los tricomas de las hojas, aunque más importante es la penetración a través de aberturas naturales como son los estomas. En este caso el tubo germinativo crece entre las células oclusivas (Dickinson y Lucas, 1987), lo cual parece bastante conveniente para el patógeno, pues evita gastos de energía en la formación de un apresorio o de enzimas que degraden la cutícula o pared celular, siempre y cuando el estoma esté abierto a la llegada del tubo germinativo. No obstante, muchos hongos que penetran por los estomas forman también apresorios, cuando están cerrados, de esta forma pueden separar las células guardas (Rathaiiah, Y., 1976) (Fig. 20).

En el caso de penetración a través de la abertura estomática, el patógeno tiene que romper la cutícula que la limita, aunque generalmente ésta suele ser sustancialmente

más delgada que la de la superficie expuesta de la hoja. En consecuencia, el patógeno debe penetrar una segunda barrera para llegar a los tejidos del huésped.

Existen además otras aberturas naturales en la superficie vegetal que facilitan la penetración de hongos patógenos, como son las lenticelas localizadas, fundamentalmente, en la corteza de los tallos leñosos, frutos, etc.; los hidátodos de los bordes y ápices de las hojas y los nectarios en la base de las flores. Si bien, estos tipos de penetración son menos frecuentes.

La penetración a través de las heridas es la vía de entrada más frecuente. Estas heridas producidas en las plantas pueden ser debidas a daños mecánicos, causados por el hombre, las máquinas y determinadas prácticas agrícolas, a agentes meteorológicos adversos, como el viento, lluvia, helada, granizo, etc., a frotamientos o roces de una planta con otra o de partes de la misma planta, y a otras causas, de las cuales un ejemplo un tanto extraordinario, de entrada de patógenos a través de heridas es el referido por Baker *et al.* en 1954 al observar que *Botrytis cinerea* puede penetrar en las hojas a través de los tejidos que habían muerto por las elevadas concentraciones de sales solubles de la gutación de la propia hoja.

También pueden aparecer heridas naturales en la superficie de la planta durante el crecimiento y desarrollo de las plantas, en la abscisión foliar y producidas por parásitos, como son las heridas producidas por las picaduras de insectos u otras plagas.

Una vez el hongo ha conseguido penetrar en el huésped, se ramifica y coloniza el tejido vegetal, es la Fase de Colonización o Ramificación. En ella el hongo establece y mantiene una relación nutritiva con la planta, iniciándose la infección.

La colonización puede ser epicuticular. Esta forma de ramificación es la que tiene mayor importancia en cuanto a la buena distribución de los fungicidas sobre la superficie vegetal, ya que, en este tipo de enfermedades, la acción de estos productos no sólo es de tipo preventivo sino también curativo. El hongo penetra, sólo en el interior de las células epidérmicas, los denominados haustorios. Generalmente, el haustorio penetra la pared celular de la célula epidérmica e invagina el citoplasma sin penetrar en él, estableciéndose así una gran superficie de contacto del parásito con la superficie citoplasmática de la célula huésped, favoreciendo la adquisición de material nutritivo del huésped al parásito.

La ramificación epicuticular tiene como desventajas para el hongo que el micelio está totalmente expuesto a condiciones ambientales que pueden ser adversas, el antagonismo que puede surgir de la gran cantidad de microorganismos que hay sobre la superficie vegetal y que el contacto nutritivo se realiza exclusivamente con las células epidérmicas, las cuales poseen una reducida capacidad fotosintética y no son, por tanto, una buena fuente de alimentación. Estos inconvenientes pueden ser la causa de la poca frecuencia de esta forma de colonización.

Otra forma de colonización es la subcuticular. Este tipo de ramificación sólo podrá ser inhibido por fungicidas penetrantes o sistémicos. En ella tiene lugar la ramificación de los hongos justo bajo la cutícula y entre ésta y la pared celular de la célula epidérmica.

También la colonización puede ser subepidérmica. Este tipo sólo podrá ser inhibido por fungicidas de acción sistémica, y, en algunos casos, por los penetrantes. La ramificación subepidérmica puede ser intercelular, es el caso de los *Mildius* (Ingram *et al.*, 1976) e intracelular es el caso de los hongos necrotróficos (Aist, 1981), los cuales suelen matar las células del huésped, antes de la llegada de la hifa (generalmente por la liberación de toxinas enzimáticas que degradan la pared celular). De esta manera, las hifas del hongo van atravesando las células degradadas de las que se alimentan.

Tras la colonización los hongos han de reproducirse, para ello, en algunos casos, salen de nuevo a la superficie de la planta huésped donde tendrá lugar la esporulación y diseminación de las esporas que iniciarán un nuevo ciclo de infección. Esta fase de desarrollo, que es de vital importancia para la biología del hongo, pues supone la perpetuación de la especie, ha sido poco estudiada a nivel histológico y bioquímico. Desde el punto de vista del control químico, tiene también gran importancia pues una buena eficacia del fungicida en esta fase permitirá reducir el inóculo viable y, por tanto, la tasa de crecimiento de la epidemia.

Las formas de salida del hongo de la planta huésped pueden ser a través de aberturas naturales (Barnett y Hunter, 1972), como es el caso de *Plasmopara vitícola* en la Vid, rompiendo la cutícula, atravesando las células epidérmicas (Luttrell, 1963) por presión mecánica o hidrólisis enzimática, o saliendo entre las células epidérmicas y a través de las uniones anticlinales (Luttrell, 1963), lo cual es poco frecuente.

La forma de salida más común es rompiendo la epidermis mediante presión y/o liberación de enzimas que degradan la pared celular (Barnett y Hunter, 1972).

Capítulo 6

**PRINCIPIOS DE LA APLICACIÓN POR
PULVERIZACIÓN DE PRODUCTOS
FITOSANITARIOS**

6.1.- INTRODUCCIÓN. CONCEPTOS BÁSICOS

Aunque la vid es una planta muy rústica y con gran capacidad de adaptación al medio, prueba evidente de ello es la variabilidad de suelos y climas en los que se cultiva, el conocimiento de sus enfermedades, de sus plagas y de sus métodos de control es necesario, además de para lograr producciones con la cantidad y la calidad suficientes como para ofrecer un producto con las mejores características, para realizar las aplicaciones de productos fitosanitarios con la solvencia necesaria.

La viticultura moderna no se concibe sin la aplicación de técnicas de protección fitosanitaria, hasta el punto que puede asegurarse que las grandes producciones, así como la calidad de la cosecha, van indiscutiblemente unidas a unas buenas prácticas de aplicación de los tratamientos fitosanitarios, lo que hace que los viticultores tengan necesariamente que incluir entre las máquinas que trabajan en su explotación las desarrolladas para la aplicación de productos fitosanitarios, debiendo sopesar, en la elección de la maquinaria, las características que mejor se adaptan a sus necesidades. Para ello se hace necesario conocer sus principios de funcionamiento.

Como se ha expuesto en los capítulos dedicados a plagas y enfermedades de la vid, el principal método de lucha química es la pulverización de productos fitosanitarios sobre la superficie vegetal. Para ello se han desarrollado máquinas que de forma rápida y eficaz aportan sobre la planta o terreno una dosis adecuada de producto fitosanitario, que permiten evitar, o al menos reducir, las causas que afectan a la producción.

La aplicación mediante pulverización de productos fitosanitarios sobre las plantas cultivadas se puede considerar una técnica de elevada precisión, que ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, que exige, para realizarla con la calidad que solicita la agricultura actual, un profundo conocimiento de los principios en los que se fundamenta.

Mientras que las prácticas culturales de precisión, algunas, como es el caso de la plantación, no exigen en su ejecución un elevado nivel de conocimiento de sus principios, y para su realización basta con adaptarse a las recomendaciones dadas al respecto, otras, como es la aplicación de productos fitosanitarios, requieren una amplia gama de conocimientos medioambientales, biológicos, agronómicos y mecánicos, que no actúan independientemente, sino que han de ser simultáneamente conjugados.

Es por lo que, para ejecutar con solvencia esta técnica, es necesario, además de tener en cuenta sus repercusiones medioambientales, el estudio de las plagas y enfermedades y su relación con el cultivo al que afectan, así como el de los principios de funcionamiento de las máquinas de aplicación de productos fitosanitarios.

Esta premisa, que ha sido y sigue siendo ampliamente aceptada, es lo que ha hecho que la aplicación mediante pulverización de productos fitosanitarios haya evolucionado y cambiado, hasta el punto que muchas de sus lacras más profundas han desaparecido, o están en vías de hacerlo. Tal es el caso de la aplicación de grandes volúmenes de líquido por hectárea, que superaba incluso los 1000 L/ha, o los problemas de deriva, con sus consiguientes riesgos de contaminación ambiental y de peligro para las personas, para los animales y para otros cultivos.



Figura 6.1.- Detalle de trabajo de las modernas máquinas.

Tanto agricultores como técnicos ya no admiten aquello de que las cosas son como son, y tratan de evitar o al menos reducir los problemas que, en otras épocas, la aplicación de productos fitosanitarios han producido.

Se puede considerar que la aplicación de productos es una técnica cada vez más desarrollada, cada vez más precisa y cada vez más correcta, que tiene en cuenta los riesgos y los beneficios de su utilización, a la que se han colgado unos sambenitos ingratos y desafortunados que no son otra cosa que anacronismos que es preciso abandonar, y que gracias a ella ha desaparecido de la mente de los agricultores la ansiedad que suponía la posibilidad de ver cercenada su cosecha en cantidad y/o calidad por los fatales efectos de los enemigos naturales de sus cultivos (Morel, M., 1982; Porras y Porras, 2001).

Agricultores y técnicos, por su pervivencia en unos casos y por su reputación en otros, han aprendido a usar precisas técnicas de aplicación de productos fitosanitarios para defender los cultivos, cuyo uso es hoy tan necesario para la agricultura como lo son las vacunas para los hombres.

Aunque ha habido notables progresos, aún no se ha llegado al final. Potenciar ideas y trabajos que aporten soluciones y contribuyan a mejorar la calidad de vida es necesario, mientras que propugnar su abolición, cuando como alternativas sólo se ofrecen naderías que, por falta de consistencia y de miras, rayan en la ignorancia, sólo crea frustración (Bourdin, J., 1983).

La investigación de nuevos productos y la mejora de las técnicas de aplicación son imperativos que no pueden dejar de ser atendidos para mantenernos entre los países más prósperos. Salir de ella sería recorrer un camino a ninguna parte que, además, sin saber ni cómo, ni cuándo, puede ser interrumpido sin posibilidad de volver atrás.

Este capítulo, dedicado al estudio de la tecnología de la aplicación mediante pulverización de productos fitosanitarios se ha desarrollado teniendo en cuenta los aspectos medioambientales, biológicos, agronómicos y mecánicos que es preciso considerar para hacer las aplicaciones con la precisión y puntualidad que exige la Agricultura actual.

6.2.- CONCEPTOS TÉCNICOS

El término producto fitosanitario, que es un concepto muy amplio, engloba todas las sustancias destinadas a la protección de los cultivos y, según la finalidad que persigan, pueden ser insecticidas, acaricidas, herbicidas, fungicidas, bactericidas, nematocidas, rodenticidas y molusquicidas.

Desde el punto de vista del agricultor, las características más importantes de los productos fitosanitarios son su eficacia, su persistencia, su toxicidad, su fitotoxicidad y su compatibilidad con otros productos (Porrás y Soriano, 1986).

Aunque la mayoría de las veces el éxito o el fracaso conseguido cuando se aplican productos fitosanitarios en la defensa de las plantas cultivadas, se atribuye fundamentalmente a la calidad de la materia activa utilizada y es frecuente culpar a los fabricantes del producto o a los comerciantes del fracaso y olvidar que, además de a la materia activa, es preciso considerar la época de aplicación, el estado de desarrollo del problema, la calidad en la ejecución de la aplicación y a su oportunidad. El conjunto de factores mencionados, adecuadamente conjugados, son los que determinan precisamente la eficiencia de la aplicación.

Es usual, y los autores son coincidentes, para definir la calidad de ejecución de una aplicación mediante pulverización, usar como parámetro el número de gotas de líquido que alcanzan cada centímetro cuadrado de superficie vegetal (Márquez, L., 1985).

Un ejemplo se ofrece en el cuadro que se presenta a continuación:

Tipo	Nº de gotas/cm2	Diámetro de gotas (micras)
Fungicida	50-70	150-250
Insecticida	20-30	200-350
Herbicida de contacto	30-40	200-400
Herbicida de preemergencia	20-30	400-600
Abonos líquidos	5-15	500-1000

Tabla 6.1.- Exigencias de los diferentes tipos de tratamientos

Aunque, usualmente así se considera, el ideal para conseguir altas eficiencias, por pura lógica, sería formar una barrera química continua sobre la superficie del vegetal. De esta forma el producto, además de impedir el desarrollo sobre la planta de los enemigos reales o potenciales de los cultivos, penetra mejor y más rápidamente.

La primera condición para hacer una buena aplicación de productos fitosanitarios mediante pulverización es hacer una buena preparación del líquido fitosanitario. Hasta tal punto es importante esta afirmación que puede asegurarse que el tiempo empleado en la preparación es recuperado con creces durante el tratamiento (Musillami, 1986).

De acuerdo con los datos ofrecidos en la tabla anterior, las características que definen la calidad de un tratamiento por pulverización varían para cada producto y para cada cultivo según su forma de actuación y según el tipo de enemigo a combatir:

Según la forma de actuación en la planta, los productos fitosanitarios se clasifican en: de contacto, penetrantes, sistémicos y mesostémicos.

Según el tipo de enemigo a combatir es necesario considerar que pulverizaciones con insecticidas no precisan en general más que la dosis adecuada y una cierta persistencia del producto, necesitando sólo pulverizaciones con gotas de tamaño medio y bien repartidas.

Las pulverizaciones con herbicidas de preemergencia requieren una distribución uniforme y, en general, un no muy elevado número de impactos/cm². Si se trata de herbicidas selectivos de post-emergencia es preciso un reparto uniforme y un mayor

número de impactos/cm²; en cambio, si el herbicida es sistémico, son suficientes algunas gotas de producto sobre la planta a destruir.

Mucho más exigentes son los tratamientos anticriptogámicos, especialmente cuando se utilizan fungicidas de contacto que requieren la formación de una fina película continua de producto, debido a la gran variabilidad de mecanismos de infección que pueden presentar estos patógenos vegetales (Porras Piedra *et al.*, 2001).

Un curioso ejemplo se presenta en la siguiente figura en la que se observa un hongo penetrando en la planta por un pelo o tricoma.



Figura 6.2.- Hongo penetrando por un tricoma (Foto: Soriano Martín.M.L.)

En general, con la pulverización se debe buscar depositar las gotas de forma que cubran estratégicamente los puntos de infección, potenciales o establecidos, de manera que la materia activa pueda ejercer su acción protectora o curativa (Giles y Law, 1985).

Cuando se hace la aplicación de un producto fitosanitario se debe tender a evitar el goteo y la deriva del producto, a conseguir la mayor eficacia del producto, a buscar una rápida ejecución del trabajo, a utilizar maquinaria ligera y económica y a disminuir riesgos de toxicidad (Porras *et al.*, 1996).

Antes, para conseguir la cobertura total de las plantas se aplicaban volúmenes muy elevados de líquido fitosanitario por hectárea, tanto mayores cuanto más grande era el tamaño de las gotas pulverizadas y menor el poder mojante del líquido. En cambio hoy, para alcanzar una buena cobertura de las plantas, se sabe que es esencial usar gotas de tamaño reducido y homogéneo, y que deben evitarse tanto las gotas excesivamente grandes, porque representan un elevado porcentaje del volumen de caldo, como las excesivamente pequeñas, pues pueden ser arrastradas por el viento y no alcanzar el objetivo previsto (Lake y Dix, 1985; Porras y Soriano, 1986).

Sin que existan acuerdos establecidos, se puede entender por gotas pequeñas las de diámetro menor de 100 µm, gotas medias entre 200-300 µm, y gotas grandes las de 400 µm en adelante.

Las gotas son producidas mediante las boquillas, y su tamaño viene determinado por el diámetro del orificio de salida y por su presión de trabajo, mediante la expresión:

$$\phi = K \cdot \frac{S}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h}} \quad (I)$$

ϕ : diámetro medio de las gotas en micras.
 K: constante característica de la boquilla.
 S: sección del orificio de salida del líquido.
 g: constante de gravitación universal.
 h: presión de trabajo en metros de columna de agua.

De la población de gotas producida por una boquilla se puede determinar (Ortiz-Cañavate, 1988) que:

- El número de gotas que se producen con una dosis de D L/ha de líquido fitosanitario es de:

$$n = \frac{6 \cdot 10^{15}}{\pi \cdot \phi^3} \cdot D \Rightarrow \begin{cases} n : n^\circ \text{ de gotas producidas.} \\ \phi : \text{diámetro de las gotas en micras.} \\ D : \text{dosis en L/ha.} \end{cases} \quad (II)$$

- El número previsible de impactos/cm² de suelo con la referida dosis es de:

$$I_n = D \cdot \frac{1'9 \cdot 10^7}{\phi^3} \text{ gotas/cm}^2 \quad \begin{cases} D : \text{dosis en L/ha.} \\ \phi : \text{diámetro de gota en micras.} \end{cases}$$

- La superficie teórica cubierta por las gotas que caen en un cm²:

$$S_t = D \cdot C_f \cdot \frac{0'1492 \text{ cm}^2 \text{ producto}}{\phi \text{ cm}^2 \text{ suelo}} \quad (III)$$

C_f se calcula mediante la expresión: $C_f = \sqrt[3]{\frac{4(1 + \cos \alpha)}{2 - \cos^2 \alpha - \cos \alpha}}$

Siendo α el ángulo que se presenta en la figura siguiente:

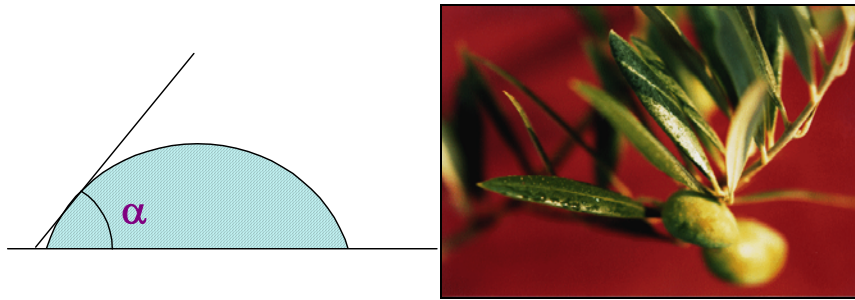


Figura 6.3.- Forma de una gota depositada sobre una superficie plana.

Si se toman como ejemplo boquillas que tengan un orificio de salida de 1 mm de diámetro, produce gotas con diámetro medio de 300 micras a la presión de 2 Kp/cm², utilizando las fórmulas (I), (II) y (III), considerando una dosis de 100 L/ha, y un ángulo α de 20° se obtiene la siguiente tabla:

Presión (Kp/cm ²)	Diámetro de gotas (micras)	Número de gotas	% de recubrimiento
1	424.25	25'01·10 ⁸	13.78
2	300.00	70.73·10 ⁸	19.49
3	244.94	129.96·10 ⁸	23.87
4	212.12	200.10·10 ⁸	27.57
5	189.73	279.63·10 ⁸	30.82
6	173.19	367.65·10 ⁸	33.77
7	160.35	463.22·10 ⁸	36.47
8	149.99	565.99·10 ⁸	38.99
9	141.41	675.39·10 ⁸	41.36
10	134.16	790.91·10 ⁸	43.59
15	109.54	1453.05·10 ⁸	53.39
20	94.86	2237.44·10 ⁸	61.65

Tabla 6.2.- Variación con la presión de las características de la población de gotas.

Mucho más explícitos que la tabla anterior son los siguientes diagramas de barras:

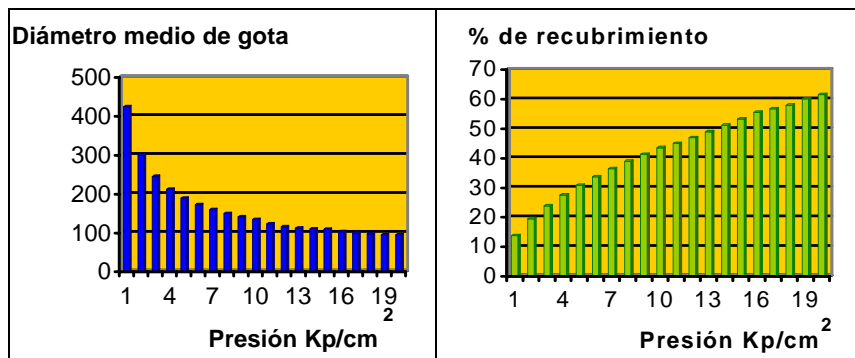


Figura 6.4.- Variación con la presión del tamaño de gotas y del porcentaje de recubrimiento.

El siguiente esquema ilustra (Soriano-Martín *et al.*, 2000) el hecho de que la disminución del diámetro de las gotas permite aumentar considerablemente su número con un mismo volumen de caldo, lograr una mayor cobertura de plantas, y lógicamente, obtener una mayor eficacia del tratamiento.

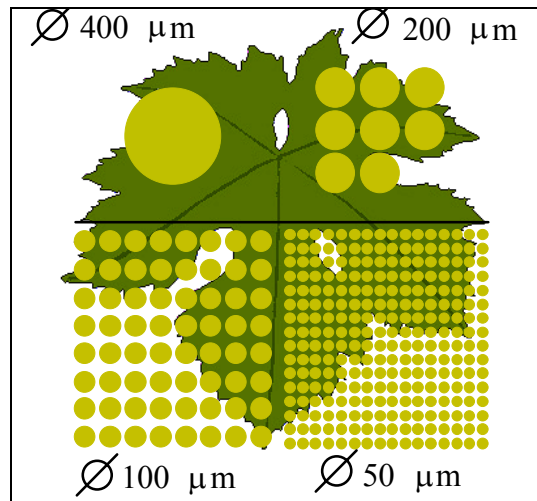


Figura 6.5.- Influencia del tamaño de gota en el recubrimiento foliar.

Aunque la reducción del tamaño de gota va asociada a la disminución del volumen de líquido fitosanitario empleada por hectárea (Ducange, M., 1983; Porras y Soriano, 1986), como esta reducción está irremediablemente unida a los problemas ocasionados por la deriva, es éste uno de los factores en los que más se observa la aparición de novedades y mejoras, ya que:

- Las gotas pequeñas son muy sensibles a la evaporación. Así, por ejemplo, gotas de un diámetro de 50 µm se evaporan en 3,5 segundos, si la temperatura es de 25° C y la humedad relativa del 60%, condiciones ambientales frecuentes durante la realización de un tratamiento fitosanitario.
- Las gotas pequeñas tienen una energía cinética muy baja, por lo que penetran mal en la masa foliar, pudiendo quedar las zonas más internas de la planta sin tratar.
- Las gotas pequeñas tienen una velocidad de caída muy pequeña, pudiendo dar lugar a importantes problemas de desplazamiento en caso de que haya viento. Esto representa un riesgo pues las gotas pueden ser arrastradas no depositándose sobre el árbol, el cual quedará sin proteger, y con posibilidad, además, de dañar cultivos vecinos o contaminar zonas sensibles, fenómeno que se conoce con el nombre de deriva.



Figura 6.6.- Sistemas para reducción de la deriva.

La ley de Stokes permite calcular en teoría la velocidad de caída de las gotas arrastradas por corrientes de aire (Mussillami, S., 1986), pudiéndose determinar la distancia recorrida por las gotas antes de caer al suelo.

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{\phi^2}{4} \cdot \frac{\delta_g - \delta_a}{\eta} \cdot g$$

- v: velocidad de caída (m/s)
- ϕ : diámetro medio de las gotas (cm)
- δ_g : densidad de la gota (g/cm³).
- δ_a : densidad del aire (g/cm³).
- η : viscosidad dinámica del aire (poises).
- g: constante de gravitación universal (cm/s²).

Así, para gotas cayendo desde 2 m de altura con un viento ligero de 10 Km/h, las distancias que en teoría podrían recorrer se indican en la siguiente tabla:

Ø gotas (micras)	Distancia a la deriva (metros)
10	17.369
25	2.779
50	694
75	308
100	173
125	111
150	77
175	56
200	43
225	34
250	27
275	22
300	19
325	16
350	14
375	12
400	10
425	9
450	8
475	7
500	6

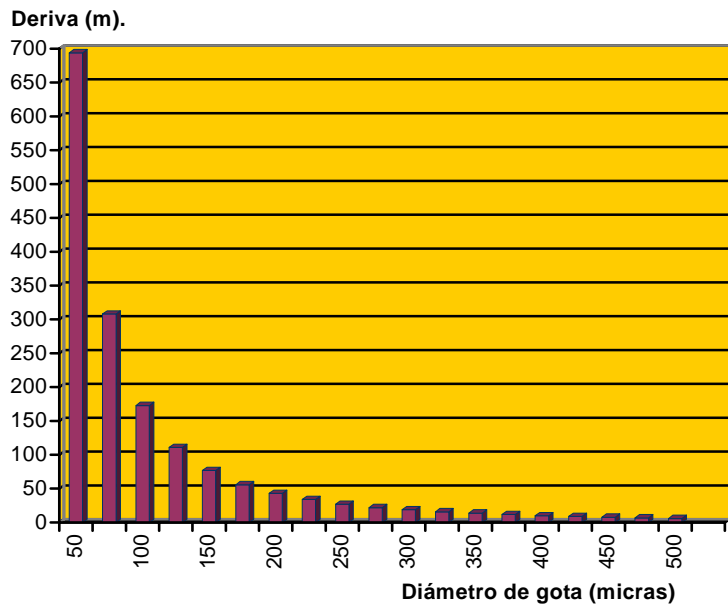


Tabla 6.3.- Distancia recorrida a la deriva por las gotas (Velocidad del aire 10 Km/h; altura de caída 2m).

Por otra parte, hay que tener en cuenta que para disminuir el volumen/ha de caldo consumido en el tratamiento, no sólo se precisa una gran reducción en el tamaño

medio de las gotas, es necesaria además una elevada homogeneidad de los diámetros en la población de gotas producidas en la pulverización, ya que las gotas de diámetros grandes representan un elevado porcentaje del volumen de caldo utilizado (Ducange, 1983; Porras y Soriano, 1986). Sea por ejemplo d , el diámetro óptimo de las gotas a producir. Si se realiza una pulverización con el 80% de gotas de diámetro d , 10% de gotas de diámetro $d/2$ y 10% de gotas de diámetro $2\cdot d$, el porcentaje de volumen que representa cada fracción de la población es el siguiente:

$$\text{- 80\% de gotas de diámetro } d: V = 80 \cdot \frac{d^3}{6} \cdot \pi = 41'8 \cdot d^3$$

$$\text{- 10\% de gotas de diámetro } d/2: V_p = 10 \cdot \frac{(d/2)^3}{6} \cdot \pi = 0'65 \cdot d^3$$

$$\text{- 10 \% de gotas de diámetro } 2d: V_g = 10 \cdot \frac{(2\cdot d)^3}{6} \cdot \pi = 41'8 \cdot d^3$$

Se desprende que el 10% de gotas pequeñas que pueden ir a la deriva no son importantes en cuanto a porcentaje de volumen de caldo que representan. En cambio, el 10% de gotas gruesas representan casi el 50% del volumen de caldo utilizado. Esto hace evidente la necesidad de homogeneizar la población de gotas producidas, e importantísimo evitar la formación de gotas gruesas que superen el diámetro escogido.

6.3.- MÁQUINARIA PARA LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

El conocimiento de los principios y características de funcionamiento de estas máquinas es necesario para poder alcanzar los objetivos de calidad previstos en la defensa del viñedo contra sus enemigos naturales.

Según su principio de trabajo, las máquinas de aplicación terrestre, mediante pulverización de productos fitosanitarios, se pueden clasificar en: pulverizadores, atomizadores y nebulizadores.

6.3.1.- Pulverizadores

Los pulverizadores son las máquinas más utilizadas, sin otra razón que justifique su uso más que la que ofrece la experiencia que surge de su continuado empleo.

Según su forma de transporte se clasifican en manuales o del tipo mochila, semisuspendidos y suspendidos al tractor y autopropulsados.

La figura siguiente muestra un pulverizador del tipo semisuspendido al tractor.

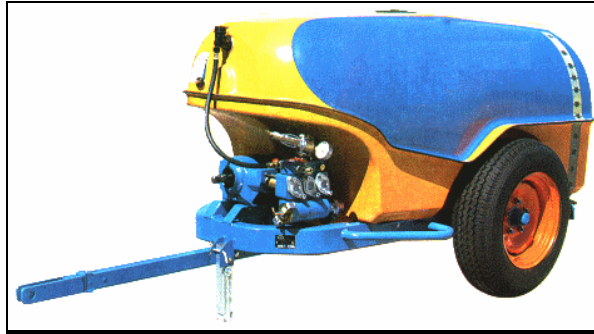
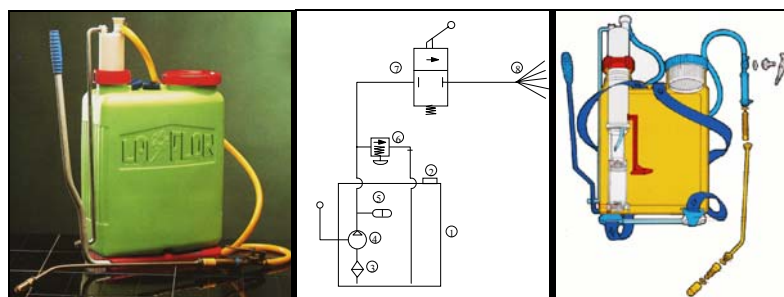


Figura 6.7.- Esquema de pulverizador semisuspendido.

Se definen los pulverizadores (Derot *et al.*, 1982; Leppert, B., 1985; Porras y Soriano, 1986; Mussillami, S., 1986) como aparatos que realizan la pulverización a presión del líquido por una o varias boquillas y efectúa el transporte de las gotas sin fluido auxiliar.

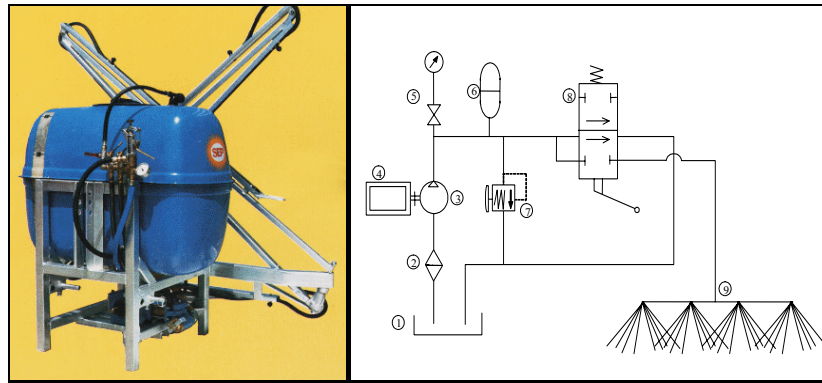
Cualquiera que sea la marca y el tipo de aparato, las partes que lo componen vienen representadas en las figuras siguientes, en las que se presentan sus esquemas básicos realizados según la nomenclatura I.S.O.

Los elementos básicos que constituyen un pulverizador son los que se presentan en la figura siguiente. Su análisis permitirá un mejor conocimiento de estas máquinas y, como consecuencia, se comprenderán las características de su funcionamiento, obteniéndose mejoras en su manejo.



- 1.- Depósito hermético.
- 2.- Tapón con filtro.
- 3.- Filtro.
- 4.- Bomba manual.
- 5.- Acumulador.
- 6.- Regulador de presión.
- 7.- Distribuidor manual.
- 8.- Boquilla pulverizadora.

Figura 6.8.- Pulverizador manual de tipo mochila.



1.- Depósito. 2.- Filtro. 3.- Bomba. 4.- Motor. 5.- Manómetro.
6.- Acumulador. 7.- Regulador de presión. 8.- Distribuidor. 9.- Barra pulverizadora.

Figura 6.9.- Pulverizador suspendido accionado por toma de fuerza.

- El depósito de caldo sirve para la preparación, almacenamiento y transporte del caldo fitosanitario.

Sus formas son muy variadas y han evolucionado desde los antiguos modelos cilíndricos hasta los modernos depósitos que, con mayor funcionalidad y estética, se construyen en la actualidad (Derot *et al.*, 1982; Musillami, S., 1986).



Figura 6.10.- Moderno depósito de pulverizador suspendido al tractor.

Los materiales de fabricación que se han venido utilizando han evolucionado desde la madera, al acero inoxidable y al plástico. La madera fue utilizada durante mucho tiempo, aunque hoy está prácticamente en desuso, ya que presenta los inconvenientes de que al secarse aparecen fugas y se impregna de materia activa que resulta difícil eliminar, siendo a veces incompatible con ulteriores productos. Posteriormente, se impusieron los depósitos de chapa galvanizada, material que se ha usado mucho, pues presenta como características su fácil elaboración y su gran resistencia a los productos cúpricos. Debido a su alteración con los productos

nitrogenados, dio paso a la utilización del acero inoxidable, que presenta extraordinarias cualidades de inalterabilidad y resistencia, pero tiene un elevado precio y dificultad de elaboración.

Más modernos son los plásticos, que, tanto por peso, como por mantenimiento, y por resistencia para soportar los diferentes productos, se han convertido en los materiales que más se utilizan en la actualidad. Las modernas técnicas de fabricación permiten una estética y una funcionalidad que interesa tanto a usuarios como a constructores. En ocasiones se ha optado por el polietileno, que es muy ligero, barato y, además, de reparación fácilmente realizable con chorro de aire caliente; en otras se ha optado por el poliéster estratificado, que, aunque algo más caro que el anterior, tiene más resistencia y su reparación en el campo es rápida y simple.

Hay que tener en cuenta que la boca de llenado del depósito debe ser amplia, con filtro de llenado y cierre estanco provisto de tapón, con sistema de paso de aire que facilite que el interior del depósito esté siempre a la presión atmosférica, permitiendo la salida de líquido hacia la bomba sin hacerse vacío en su interior, lo que ocasionaría graves problemas de cavitación durante el funcionamiento de la máquina, agravados por la falta de uniformidad en la distribución del líquido fitosanitario.



Figura 6.11.- Depósito, boca de llenado y detalle de elementos.

También es necesario que el diseño del depósito permita el apurado total del producto, así como una fácil limpieza que evite que queden restos de materia activa en el interior, y que disponga de un indicador que cuantifique el nivel de líquido de su interior.

El sistema de agitación es importante porque entre los productos fitosanitarios comercializados algunos forman suspensiones y es preciso mantener el líquido contenido en el depósito en movimiento permanente para evitar la deposición de partículas en el fondo (Porras y Soriano, 1986). Gracias a él se consigue una

homogeneidad que impide sobredosis, quemaduras, falta de eficacia de los productos, atascos y averías.

Hay máquinas con sistemas mecánicos de agitación. Éstos casi nunca realizan la homogeneización por sí solos, pues el retorno a la cuba del exceso de caudal producido por la bomba complementa su acción. De ellos, el sistema más común consiste en un eje provisto de paletas y animado de un movimiento rotativo o alternativo. Este sistema de agitación es de gran eficacia, si bien es más caro y problemático.

Otros pulverizadores llevan sistemas hidráulicos de agitación, para lo que utilizan el exceso de caudal producido por la bomba enviándolo al interior del depósito.

En los pequeños pulverizadores, con depósito presurizado, son el movimiento y el propio aire los que se encargan de agitar el líquido.

La bomba transforma la energía mecánica en presión ejercida sobre el volumen de líquido, que es enviado desde el depósito, a través de tuberías, válvulas y difusores, hasta la cubierta vegetal, con la dosis necesaria para realizar el tratamiento (Bournas *et al.*, 1981 a y b).

También, como ha sido expuesto, la bomba de pulverización es utilizada para remover el líquido fitosanitario del interior del depósito y homogeneizarlo, utilizando para ello el retorno a la cuba de una parte del líquido impulsado por ella, lo que debe ser tenido en cuenta al determinar su cilindrada.

También puede ser utilizada para llenar la máquina con la ayuda de un hidroinyector. Se trata de un dispositivo que permite, cómodamente, llenar el depósito utilizando el arrastre provocado por el flujo, a gran velocidad, del agua que, procedente de la bomba, llega hasta el centro de un conducto de amplia sección y crea una depresión suficiente para producir una aspiración de gran caudal de agua. Por efecto de la tensión superficial, la máxima altura de aspiración está limitada a unos 5-6 m, lo que debe ser tenido en cuenta en el momento de colocar el hidroinyector en la fuente de alimentación.

La elección de una bomba tiene que hacerse de forma que pueda ofrecer el caudal del pulverizador a la presión máxima de utilización, asegurar la agitación del caldo de tratamiento, tener una buena resistencia a la abrasión, soportar líquidos

corrosivos, estar construida con elevada robustez, tener altos rendimientos mecánico e hidráulico y permitir facilidad de reparación y ajuste.

Según su principio de funcionamiento, las bombas usadas en las máquinas de pulverización pueden ser de pistones, de membranas, centrífugas, de rodillos y aspirantes-impelentes.

Las bombas de pistones son, junto a las de membrana, las más utilizadas. Técnicamente se consideran del tipo hidrostático o volumétrico, es decir, que a un determinado régimen de funcionamiento, el caudal producido es prácticamente constante e independiente de la presión de trabajo, lo que tiene grandes ventajas para su manejo.

Estas bombas se denominan de simple efecto cuando realizan la aspiración del líquido en un sentido del movimiento del pistón y la impulsión del mismo en el sentido contrario, y son de doble efecto cuando el propio pistón provoca simultáneamente la aspiración en una cara y la impulsión en la opuesta, al moverse en un sentido y, a la inversa, cuando se mueve en sentido contrario.

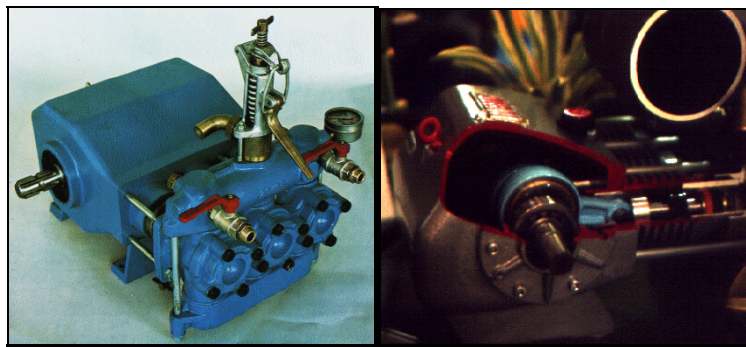


Figura 6.12- Bomba de tres pistones con detalle de sección.

Las bombas de membrana realizan la aspiración y la impulsión por flexión de una membrana sometida a un movimiento alternativo de pequeña amplitud. Este tipo de bombas no responde exactamente al tipo hidrostático ya que, debido a la elasticidad de la membrana, para un determinado régimen de funcionamiento, su caudal tiende a disminuir cuando la presión aumenta. Como se trata de pequeñas variaciones, se les llama también semi-hidrostáticas o semi-volumétricas. Además de ofrecer unas buenas características, su relación calidad/precio es adecuada y pueden satisfacer todas las necesidades de presión requeridas en los tratamientos fitosanitarios. Las bombas de membrana, además de una gran robustez, son muy resistentes a la abrasión y a la corrosión química.

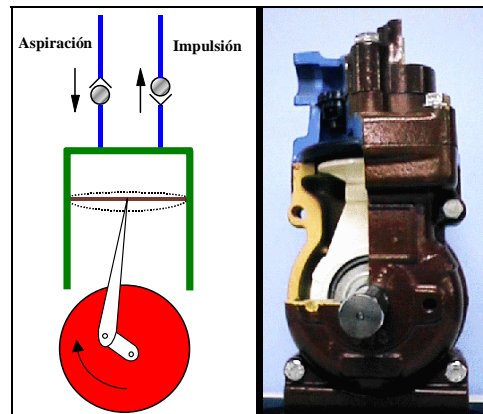


Figura 6.13.- Esquema y sección de bomba de membrana.

Las bombas centrífugas elevan la presión del caldo de tratamiento gracias a un rotor que gira a un elevado régimen. Son del tipo hidrodinámico, es decir, que a un determinado régimen de funcionamiento, el caudal producido es función de la presión de trabajo, de forma que a más presión menor es su caudal. Se usan como bombas auxiliares y, sobre todo, para mover grandes volúmenes de líquido a baja presión. Algunos constructores las utilizan para pulverizar líquidos muy cargados de impurezas o líquidos muy viscosos.

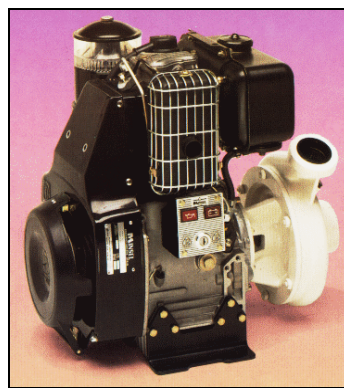


Figura 6.14.- Bomba centrífuga.

Las bombas de rodillos, antes muy utilizadas, están ahora prácticamente en desuso; poseen un estátor que presenta dos aberturas opuestas, la de aspiración y la de impulsión, y un rotor cilíndrico montado excéntricamente que posee en su superficie lateral alojamientos para los rodillos. Al hacer girar el rotor, cada rodillo, por la acción de la fuerza centrífuga, sale de su alojamiento hasta rozar la pared interna del estátor. Los espacios existentes entre dos rodillos consecutivos aumentan de volumen al pasar

delante de la aspiración y se reducen delante de la impulsión, comprimiendo y dando presión al líquido.

Son bombas resistentes, baratas, fácilmente reparables, de caudal elevado y reducido tamaño, pero son muy sensibles al desgaste por abrasión, sobre todo si se usan con líquidos fitosanitarios cargados de partículas en suspensión.

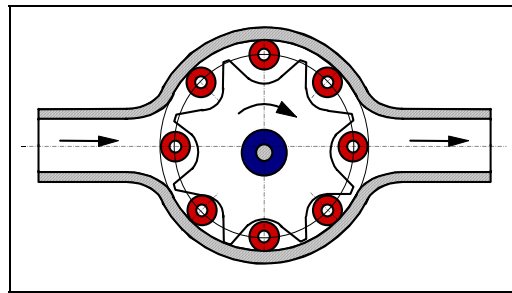
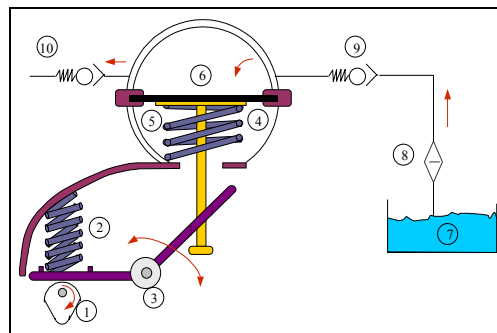


Figura 6.15.- Bomba de rodillos.

Las bombas aspirantes-impelentes, utilizadas en los pulverizadores con depósito presurizado, tienen un principio de funcionamiento que consiste en desplazar un pistón en el interior de un cilindro. Éste tiene en la culata dos válvulas unidireccionales que actúan de forma que, al desplazarse el pistón desde el punto muerto superior al punto muerto inferior, el aire pasa a través de la válvula de aspiración al interior del cilindro, debido a la succión provocada. La válvula de impulsión permanece cerrada. Después, al desplazarse el pistón desde el punto muerto inferior al superior, la válvula de aspiración automáticamente se cierra y la válvula de impulsión se abre, permitiendo que el aire penetre en el interior del depósito, que, evidentemente, ha de ser completamente estanco.



- 1.- Leva de accionamiento. 2.- Muelle de recuperación de la palanca. 3.- Palanca articulada.
 4.- Membrana. 5.- Muelle de compresión. 6.- Recámara. 7.- Depósito.
 8.- Filtro de aspiración. 9.- Válvula antirretorno de admisión. 10.- Válvula antirretorno de impulsión.

Figura 6.16.- Bomba aspirante-impelente.

El acumulador hidroneumático es un elemento de gran importancia en estas máquinas ya que permite, cuando la impulsión del líquido fitosanitario es con bombas

de pistones o de membrana, reducir el efecto que ocasiona el hecho de que el giro del cigüeñal se transforme en un movimiento alternativo de velocidad no uniforme, por lo que el caudal suministrado por la bomba no es constante y produce pulsaciones en la salida del líquido que, de no corregirse, ocasionarían irregularidades en el reparto de producto.

Cuando las bombas se construyen con varios pistones o membranas, las variaciones de caudal se compensan notablemente, sin llegar a eliminar totalmente el problema. Para uniformar el caudal en la tubería de impulsión se colocan, en derivación, los denominados acumuladores hidroneumáticos. Estos accesorios están constituidos, en esencia, por un depósito que contiene un cierto volumen de aire, el cual es comprimido por el líquido enviado por la bomba, llenando parcialmente su volumen interior hasta que se establece el equilibrio entre el gas y la presión utilizada en la pulverización. En el instante en que la bomba deja de enviar caudal, el líquido comprimido en el acumulador fluye hacia las boquillas pulverizadoras compensando la falta de caudal de la bomba y consiguiendo, de esta forma, una pulverización uniforme.

Cuando el aire del acumulador está en su interior a la presión atmosférica, el volumen necesario para almacenar la energía que restituye al caldo de tratamiento es elevado, por lo que, para conseguir una buena amortiguación, se requieren depósitos de gran volumen que resultan antiestéticos e incómodos de montar. Para evitarlo, se usan acumuladores provistos de una membrana de caucho sintético que separa el aire del líquido; con un reducido volumen de aire, previamente comprimido, se consigue amortiguar las variaciones de caudal.

En la figura 6.17 se muestra un pulverizador dotado de acumulador de membrana, así como un detalle de este elemento.

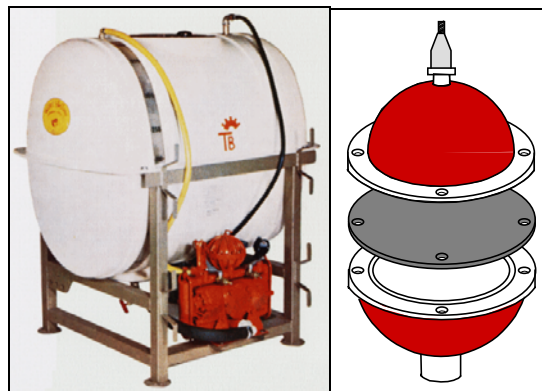


Figura 6.17.- Pulverizador con bomba dotada de acumulador de membrana y detalle del mismo.

El manómetro, que se usa para medir la presión en el circuito hidráulico de las máquinas pulverizadoras, resulta imprescindible para controlar las características de la aplicación.

El tipo de manómetro más utilizado en agricultura es el de resorte tubular, de sección elíptica deformable con la presión del líquido. Las deformaciones del resorte son transformadas, por una serie de mecanismos de precisión, en el giro de una aguja cuyos desplazamientos angulares son medidos sobre un círculo graduado y en cuyas divisiones se marcan presiones.

Generalmente se construyen estancos y trabajan con inmersión de sus mecanismos en glicerina, lo que, además de amortiguar las oscilaciones de la aguja, alarga la vida del instrumento.

Es importante, para conseguir una elevada longevidad del manómetro, intercalar un pulsador que lo aisle y evite su funcionamiento continuo.

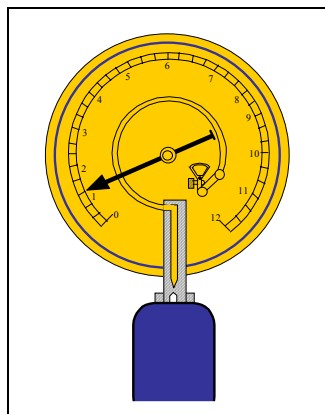


Figura 6.18.- Esquema de manómetro.

Los reguladores de caudal permiten adaptar la dosis de caldo a las diferentes condiciones de trabajo de las máquinas.

El sistema clásico de regulación del caudal de las boquillas difusoras, que determina la dosis por hectárea de producto fitosanitario, ha sido y sigue siendo el de regulación de la presión del líquido, ya que el caudal de las boquillas es función directa de la raíz cuadrada de su presión de trabajo.

El regulador de presión más simple consiste en una válvula que se aprieta de forma regulable sobre su asiento, por acción de un muelle que se comprime manualmente según las necesidades de presión del tratamiento. El principio de

funcionamiento consiste en que el líquido proveniente de la bomba, a la presión requerida en las boquillas, presiona sobre un orificio cerrado por la acción de un muelle sobre el que actúa un vástago roscado. Si el producto de la presión por la superficie de cierre es mayor que la fuerza ejercida por el resorte, la válvula se abre y deja pasar el líquido que sale hacia el depósito. Es éste el líquido que se usa para agitar el caldo en el interior del depósito. Este sistema básico de regulador de presión tiene una sensibilidad muy baja, por lo que han aparecido otros sistemas mucho más precisos (Givelet, M., 1982).

Es evidente que el sistema de regulación expuesto asegura un caudal de pulverización constante, pero una variación del régimen de giro del motor del tractor o un deslizamiento de las ruedas motrices ocasionan modificaciones de la velocidad de la máquina pulverizadora, que pueden ocasionar cambios en la cantidad de materia activa distribuida, perjudiciales para la eficacia del tratamiento; y es que la regulación de la dosis de tratamiento mediante presión requiere una velocidad constante de la marcha del pulverizador.

Para evitar este inconveniente, se han desarrollado sistemas que modifican el caudal de la pulverización ajustándolo a las variaciones de velocidad. Los más modernos son electrónicos y es posible instalarlos en las máquinas de protección fitosanitaria en uso, controlando y regulando la pulverización con precisión extraordinaria y con ajustes muy precisos y cómodos (Thourude, H., 1981; Evangelisti *et al.*, 1985).



Figura 6.19.- Sistema electrónico de control.

Los distribuidores permiten la creación de un circuito hidráulico, capaz de llevar a cabo las funciones elementales que requiere un pulverizador, para aplicar el líquido fitosanitario según las exigencias del trabajo.

En todo distribuidor existe un cuerpo fijo dotado de un número conveniente de elementos móviles que son capaces de abrir unos pasos de líquidos y cerrar otros,

ofreciendo una estanqueidad total entre las zonas que, gracias al distribuidor, deben quedar separadas.

El tipo de distribuidor que ha venido siendo utilizado en pulverizadores es de corredera giratoria. En la actualidad se están imponiendo, por su comodidad de manejo y su fiabilidad, los denominados distribuidores de corredera longitudinal del tipo 2/4, es decir, de dos posiciones y cuatro vías.

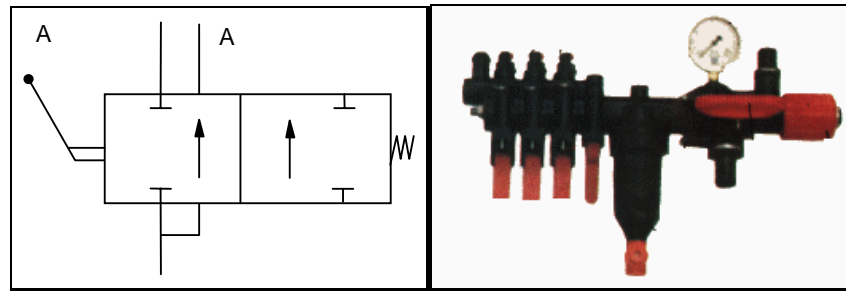


Figura 6.20. - Distribuidor 2/4 de corredera longitudinal.

En las máquinas de tecnología más avanzada se montan estos distribuidores dotados de accionamiento electromagnético. Los cuales, con simples pulsadores o contactores, pueden distribuir el líquido con gran comodidad para el operario de la máquina, con una elevada fiabilidad de funcionamiento y, sobre todo, permiten una cómoda instalación, pues su funcionamiento desde la cabina del tractor se puede hacer con un circuito eléctrico sencillo, sin necesidad de llevar hasta ella las tuberías de líquido fitosanitario.

Las barras portaboquillas o rampas de pulverización son las estructuras que soportan los difusores o boquillas destinados a la pulverización de productos fitosanitarios. En ellas, la distancia entre las boquillas debe ser tal que la población de gotas producidas lleguen al cultivo con la máxima uniformidad.

Una barra portaboquillas consiste en una estructura de soporte, dotada de sistema de suspensión y dispositivo de regulación de posicionamiento, en la que se sitúan las tuberías de conducción del líquido fitosanitario y las boquillas pulverizadoras (Candelón, P., 1983; Frangi y Givelet, 1984).

Las barras portaboquillas permiten su adaptación a los diferentes cultivos, se construyen de formas diversas tales como:

Barras pulverizadoras para cultivos bajos. De longitud variable, desde 2 hasta 36 metros, se colocan horizontales o, mejor, paralelas al terreno, bien de forma manual o bien automáticamente.



Figura 6.21.- Barra pulverizadora para cultivos bajos.

Barras pulverizadoras para plantas de porte reducido o medio. Constituidas por una parte horizontal y dos verticales, en las que se colocan las boquillas tratando de rodear completamente la planta durante la pulverización. En ocasiones el conjunto se cierra con placas gracias a las cuales se mejora la distribución y se reducen las pérdidas de producto fitosanitario.

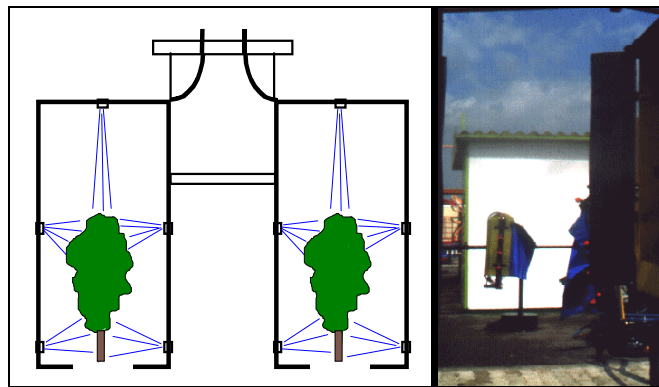


Figura 6.22.- Barra para plantas de porte medio.

Barras pulverizadoras para árboles frutales. Se construyen normalmente rectas, pero, para adaptarse mejor a la forma de los árboles, pueden construirse curvadas, con lo que se consigue dirigir el chorro de forma que se pueda alcanzar la mayor parte del volumen de copa.

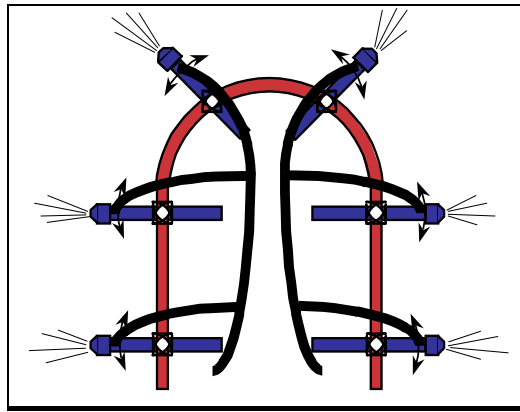


Figura 6.23.- Barra para frutales arbóreos.

En todos los casos las barras pulverizadoras han de ser resistentes y estables tanto en la vertical como en la horizontal. Estas características son esenciales, porque las vibraciones en los planos horizontal y vertical producen malas reparticiones del producto fitosanitario (Frangi y Givelet, 1984).

La técnica normalmente empleada para dar rigidez a la estructura soporte ha sido la de triangulación, mediante barras metálicas convenientemente dispuestas a todo lo largo de toda la estructura, consiguiendo una celosía muy liviana y resistente.

Cuando las barras de pulverización tienen cierta envergadura se dividen en secciones, lo que es imprescindible para el transporte. Para el plegado y desplegado de las secciones de barras se usan sistemas manuales, a base de muelles y cables de acero, y mecanismos a base de pistones hidráulicos accionados por la bomba del tractor.

En la estructura de las barras de pulverización existe siempre un cuadro soporte que, fijado al chasis de la máquina, tiene por función permitir la regulación de la altura de trabajo de las boquillas con respecto al terreno (Mussillami, S., 1986).

El dispositivo regulador de altura puede ser discontinuo o continuo. En el sistema discontinuo el chasis de la máquina y el cuadro soporte de la barra están provistos de una serie de agujeros equidistantes que, enfrentados convenientemente y sujetos con pasadores, determinan la altura de trabajo. El sistema continuo utiliza mecanismos deslizantes provistos de sistemas de bloqueo y para su movimiento se usan tornos, poleas, pistones, etc.

En general, se usan amortiguadores que reducen la transmisión a la barra de pulverización de las vibraciones originadas en el vehículo soporte.

Como puede comprenderse fácilmente, las máquinas de tratamientos, debido fundamentalmente a las desigualdades del terreno, sufren inclinaciones hacia los laterales que repercuten sobre las barras de pulverización, y tanto más cuanto mayor es su longitud.

Este problema, que no es importante en olivar, pues la anchura de tratamiento no es muy grande, ha llevado a la búsqueda de soluciones que tratan de conseguir un paralelismo constante entre la barra pulverizadora y el suelo, independientemente de la inclinación lateral del vehículo soporte.

En las barras de gran anchura, el cuadro soporte de la barra de tratamiento está sujeto en su mitad por un eje sobre el que bascula en conjunto, consiguiéndose así que, cualquiera que sea la posición del vehículo soporte, la barra se mantenga siempre horizontal. Con este sistema, denominado suspensión pendular, el trabajo sobre un suelo horizontal no presenta problemas, incluso para grandes inclinaciones del vehículo soporte. En cambio, cuando la máquina se desplaza por terreno con pendiente transversal, la horizontalidad de la barra originaría irregularidades en el reparto de materia activa, por haber distancias diferentes de las boquillas al plano de cultivo. Por ello, este sistema necesita un método de corrección de inclinación, manual o automático, para trabajar en terrenos con pendientes transversales a la dirección de marcha.

Esta situación puede verse parcialmente resuelta con la denominada suspensión por trapecio deformable. En este caso, el cuadro soporte está sujeto al chasis por dos cadenas, dos muelles o dos barras articuladas en ambos extremos. En terreno llano no presenta problemas de falta de horizontalidad y la barra no acusa las deformaciones del suelo. Pero, como en un trapecio deformable, los límites de movimiento de sus articulaciones se alcanzan a partir de un cierto momento los grandes socavones o las pendientes transversales del suelo llevan al sistema a su límite máximo tolerable y, a partir de ellos, aunque la barra no esté totalmente paralela a la superficie a tratar, su falta de paralelismo no presenta problemas tan importantes en el reparto del producto como pueden ocurrir en la suspensión pendular.

Las pistolas y lanzas son particularmente interesantes en los tratamientos de olivar y otros árboles frutales, ya que la distribución del producto en el interior de la masa foliar es difícil con otros sistemas de aplicación.

Estos aplicadores, manejados por un operario y alimentados por una tubería flexible, tienen un distribuidor manual con el que se activa la pulverización. Cada máquina pulverizadora va provista de uno o más de estos útiles de trabajo, según las características de la boquilla difusora utilizada, de la bomba de impulsión de líquido y del trabajo a realizar.



Figura 6.24.- Aplicador tipo lanza y detalle de la pulverización.

Las boquillas pulverizadoras tienen como misión realizar la división y emisión del caldo de tratamiento, transformándolo en gotas finas y homogéneas. Las boquillas son elementos esenciales en la pulverización pues determinan el tamaño, la uniformidad de la población, la trayectoria y el impacto de las gotas de caldo fitosanitario.

Para elegir las boquillas, es preciso tener en cuenta, además del tipo de tratamiento, el tipo de cultivo, las características del producto, la homogeneidad de la población de gotas y su resistencia al desgaste.

El desgaste que aparece en los orificios de salida de líquido fitosanitario causa variaciones en el tamaño de las gotas, en su uniformidad y en el caudal. Dicho desgaste está relacionado con el material utilizado en la fabricación. En todo caso es preciso destacar la necesidad de sustituir, con la frecuencia adecuada, los elementos que en las boquillas sufran desgaste con el uso (Derot y Villeroy, 1982).

Según las características de trabajo, las boquillas se clasifican en varios tipos: de hélice, de hendidura, de espejo, filares y de difusor centrífugo (Morell, H., 1984; Mussillami, S., 1986; Porras y Soriano, 1986).

Todas las boquillas de pulverización están formadas por un cuerpo, normalmente de plástico, en el que se montan y desmontan todos los elementos precisos para su funcionamiento.

En las boquillas de hélice, el líquido a presión es sometido a una rotación que crea una turbulencia antes de llegar al orificio de salida, produciendo un chorro cónico cuyo interior puede estar completamente lleno de gotas o sólo a modo de corona circular.

Los elementos característicos de este tipo de boquillas son: hélice, cámara de turbulencia y pastilla.

La hélice es el dispositivo principal en este tipo de boquillas y sus dimensiones y características determinan la forma del chorro producido.

La cámara de turbulencia es un espacio hueco situado entre la hélice y la pastilla, y sirve de vía de comunicación entre ambas.

La pastilla, intercambiable, es un disco con un orificio central calibrado, construido con gran precisión.

El chorro formado es un cono cuyo eje pasa por el centro del orificio de la pastilla, con un ángulo del cono que varía desde 20 a 80°, e, incluso, más, según las características geométricas y dimensiones de los elementos que componen la boquilla. La presión de trabajo actúa sobre el caudal, la forma del chorro y las dimensiones de la población de gotas formadas.

Algunos modelos de estas boquillas permiten regular el ángulo del cono. Antiguamente fueron muy usadas en pulverizadores de tipo manual, pero en las máquinas de gran cultivo han dejado prácticamente de usarse debido a que son muy imprecisas en lo que a dosis y homogeneidad de tamaño de la población de gotas se refiere.

El tamaño de la población de gotas que produce este tipo de boquillas varía en relación inversa con la raíz cuadrada de la presión de trabajo y en relación directa con el diámetro del orificio de salida del líquido.

Su campo de utilización es muy variable, pudiendo usarse tanto para insecticidas como para tratamientos anticriptogámicos, y tanto en cultivos de porte bajo como en árboles frutales.

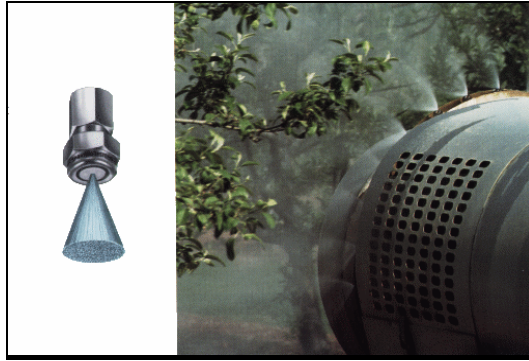


Figura 6.25.- Boquilla de tipo hélice y detalle de la pulverización.

Las boquillas de hendidura, también llamadas de chorro plano, emiten un chorro plano de gotas denominado pincel.

Son de concepción mucho más simple que las anteriores, pues sólo tienen una pieza con la que se consigue dar a la vena líquida la forma deseada, la cual posee una hendidura de forma rectangular o elíptica que las caracteriza. Comercialmente se distinguen por un número y un color; el número corresponde al ángulo de salida del chorro y el color al caudal de la boquilla.

Estas boquillas constan de un cuerpo roscado, con el que se realiza la fijación del conjunto de la boquilla a la tubería portadora del caldo, un filtro provisto de una junta de estanqueidad y una pastilla con raja de tamaño y forma variable.

La pastilla es un tubo cilíndrico de pequeña longitud con un collarín de sujeción en un extremo, cuyo interior es hueco y termina en un casquete esférico en el que se practica la hendidura rectangular o elíptica por la que sale el chorro de líquido de tratamiento, en forma de pincel, con ángulos que, según las características dimensionales, varían desde 60 a 100°, llegando incluso a alcanzar los 150°.

Igual que en las boquillas de hélice, el tamaño de las gotas depende de las características geométricas y dimensiones de las boquillas así como de la presión de trabajo, de forma que el diámetro de las gotas disminuye cuando aumenta la presión y/o disminuye el calibre del orificio de salida.

Su campo de utilización es muy variable y pueden ser adecuados para los tratamientos con fungicidas, insecticidas y herbicidas.

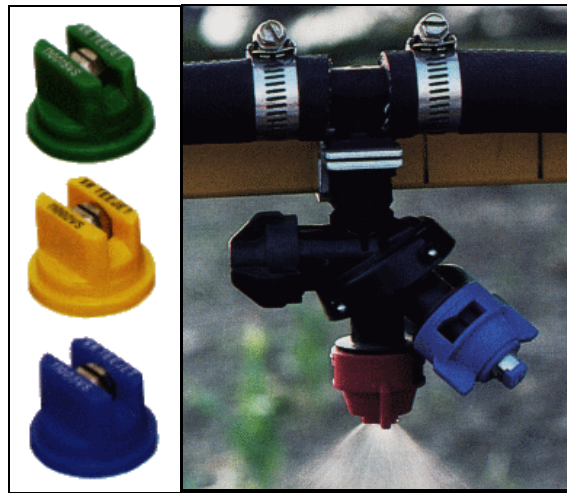


Figura 6.26.- Boquillas de tipo hendidura y detalle de la pulverización.

Las boquillas de espejo producen la pulverización haciendo salir el líquido a gran velocidad por un orificio, obligándole a chocar contra una superficie plana, perfectamente pulimentada, que actúa como deflector, en el que incide la vena líquida desplegándose en forma de abanico.

Estas boquillas están constituidas por un cuerpo, filtro, junta de estanqueidad, tuerca de fijación y deflector.

Las gotas que producen forman un abanico con un ángulo que llega a 160°, por lo que este tipo de difusores permite reducir la altura desde la que pulverizan, lo que es una gran ventaja desde el punto de vista de reducir los efectos del viento en cuanto a deriva.

El tamaño de la población de gotas que se obtiene, igual que en los casos anteriores, varía con la presión de trabajo y con el diámetro del orificio de salida del líquido.

Su utilización es adecuada para los tratamientos con herbicidas, si bien, su campo de aplicación se puede ampliar al de los abonados foliares líquidos. Si se utilizan boquillas con diámetro del orificio de salida suficientemente grande se pueden aplicar, incluso, al esparcimiento de abonos en suspensión.



Figura 6.27.- Boquilla tipo espejo y detalle de la pulverización.

Las boquillas filares lanzan una o varias venas líquidas finas de producto fitosanitario, sin dividirlo en una nube de gotas; se utilizan para aplicaciones muy localizadas.



Figura 6.28.- Boquilla de tipo filar.

En el mercado es posible encontrar otros tipos de difusores como son: los difusores centrífugos, los cuales, gracias a su principio de funcionamiento, basado en la producción de finas y homogéneas gotas merced a la fuerza centrífuga transmitida al líquido fitosanitario por un disco que gira a gran velocidad angular, permiten reducir los volúmenes de caldo por hectárea de cultivo. El tamaño de las gotas varía en relación directa al diámetro del disco y al cuadrado de su velocidad angular.

Los difusores centrífugos de tipo manual constan de un depósito con tubería de alimentación, que lleva, por gravedad, el caldo fitosanitario hasta un disco pulverizador, el cual está accionado por un motor eléctrico que le hace girar a gran velocidad.

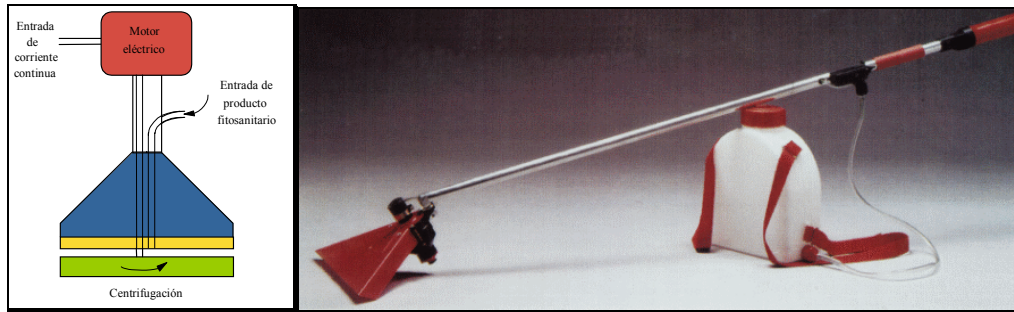


Figura 6.29.- Esquema de distribuidor centrífugo pulverizador y detalle del funcionamiento.

Al caer el líquido en el disco, debido a la acción de la fuerza centrífuga se desplaza a la periferia a una gran velocidad por lo que al separarse del disco choca con el aire rompiéndose en finas gotas.

Este tipo de difusor es muy utilizado en la denominada técnica de parcheo para la aplicación de herbicidas.

Los sistemas antigoteo permiten, después de detener la pulverización, evitar que el caldo contenido en las tuberías continúe durante un cierto tiempo saliendo por las boquillas, lo que, cuando ocurre, es causa de problemas y de pérdidas de producto.

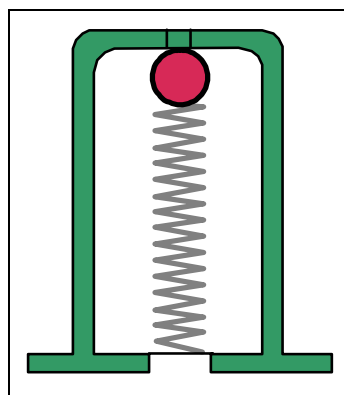


Figura 6.30.- Detalle de sistema antigoteo.

6.3.2.- Atomizadores

Los atomizadores constituyen las máquinas más extendidas en la protección fitosanitaria de la mayoría de las plantaciones frutales.

Se les denomina pulverizadores a presión de chorro transportado, pues son máquinas que realizan la pulverización por presión del líquido de tratamiento, el cual sale por varias boquillas, facilitándose el transporte de las gotas hasta el objetivo por

medio de una corriente de aire auxiliar, generada por un ventilador (Watson y Wolf, 1985; Porras y Soriano, 1986).

El sistema hidráulico de estas máquinas es semejante al de las de chorro proyectado, pero la barra portaboquillas es de construcción diferente y poseen, además, un potente ventilador que, en la mayoría de los modelos comerciales, es de tipo helicoidal, el cual impulsa el aire perpendicularmente a su eje de rotación, usando para ello una superficie deflectora de posición variable.

La figura siguiente muestra un atomizador del tipo semisuspendido, en el que puede apreciarse la barra portaboquillas, con la conformación característica para estas máquinas, y el ventilador helicoidal.

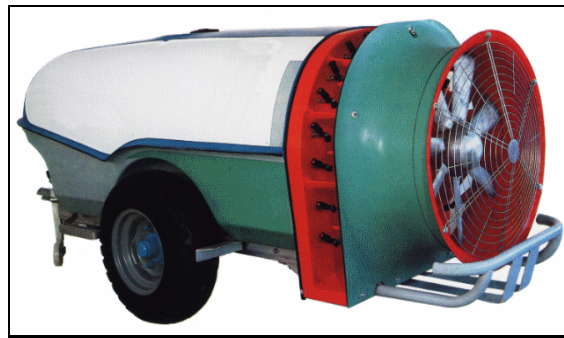


Figura 6.31.- Atomizador semisuspendido al tractor

En estas máquinas, las boquillas pueden producir gotas de tamaño más reducido que en los pulverizadores pues gracias al arrastre generado por el ventilador penetran más eficazmente en todo el volumen foliar y alcanzan mejor su objetivo.

Las boquillas normalmente utilizadas son de tipo de hélice, colocadas en una barra portaboquillas curvada en forma de arco, situada alrededor del ventilador, y compuesta, generalmente, por dos tuberías independientes, alimentadas por dos acometidas con sus respectivos distribuidores, lo que posibilita la pulverización sobre una sola hilera de árboles.

Las salidas de aire van a veces provistas de deflectores regulables que permiten dirigir convenientemente el aire cargado de gotas de líquido fitosanitario, para una mejor adaptación del tratamiento a las características del cultivo.

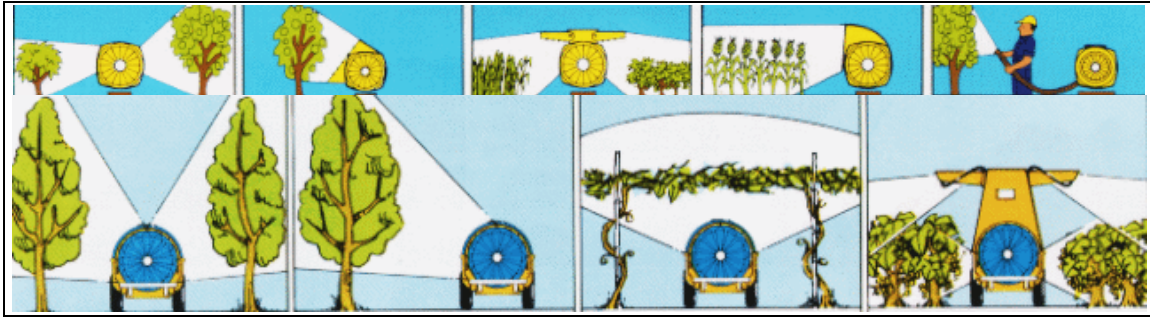


Figura 6.32.- Direccionamiento del aire según la orientación de los deflectores.

El alcance y penetración en el volumen del árbol de la población de gotas está condicionado por la velocidad de salida del aire producido por el ventilador que, a veces, llega hasta los 200 Km/h.

Es frecuente que el accionamiento del ventilador se haga a través de un embrague, gracias al cual puede ser desactivado y permitir un arranque progresivo de la máquina, así como, su utilización como pulverizador en los trabajos que así lo requieran, colocándole, evidentemente, la barra portaboquillas adecuada.

Existen modelos de atomizadores en los que se elimina el deflector y en los que el ventilador helicoidal actúa produciendo un flujo de aire axial. A estos se les denomina pulverizadores tipo cañón y su ventaja principal radica en el gran alcance del chorro.

Se puede decir que las mayores ventajas que ofrecen los atomizadores son su elevada penetración en el follaje, al ser éste agitado por el turbulento vendaval producido por el ventilador de la máquina, y su capacidad de reducción del volumen de líquido fitosanitario necesario para conseguir un buen recubrimiento de la superficie vegetal.

Sus principales inconvenientes radican en que requieren una potencia motriz elevada, tanto más cuanto más elevado sea el caudal de aire suministrado por el ventilador, por lo que no es raro encontrar en el mercado atomizadores provistos de motor auxiliar para ser arrastrados por pequeños tractores; y en la pérdida de producto, por no alcanzar las gotas de pulverización el objetivo.

6.3.3.- Nebulizadores

Los nebulizadores son máquinas que realizan la pulverización del líquido aprovechando el efecto Venturi producido por una corriente de aire que circula a gran

velocidad, la cual sirve a la vez para transportar a gran distancia las gotas de producto fitosanitario (Marquez, L., 1985; Porras y Soriano, 1986).

Para ello, un potente ventilador, generalmente de tipo centrífugo, movido a través de un multiplicador accionado por la toma de fuerza del tractor, produce el aire requerido por este tipo de máquina pulverizadora.

El caudal de aire producido es enviado, por una o varias tuberías, hacia zonas en las que se produce una fuerte reducción de la sección de paso, con lo que la velocidad del aire crece hasta valores próximos a 400 Km/h. En dichas tuberías se coloca un tubo surtidor, conectado al depósito, en el que el efecto Venturi crea una depresión, de 0,8 a 1,2 metros de columna de agua, que hace salir el líquido fitosanitario a la corriente de aire, chocando con ella, y resultando, finalmente, pulverizado.

Como la depresión provocada por el efecto Venturi no es suficiente para hacer salir la misma cantidad de líquido en todas las salidas, ya que éstas se colocan con cotas diferentes, habiendo, según las necesidades, orificios situados más altos y otros más bajos, para evitar irregularidades en el reparto de la materia activa sobre el cultivo, se dota a estas máquinas de una bomba que proporciona una presión en la boquilla de salida del líquido fitosanitario, suficiente como para hacer, prácticamente despreciables las variaciones de presión originadas por la colocación a diferentes alturas de las tuberías de nebulización.

Su funcionamiento recuerda al carburador de los motores alternativos y la población de gotas que producen es tanto más regular, y el coeficiente de homogeneidad de la población de gotas más próximo a la unidad, cuanto mayor sea la velocidad del aire en los estrechamientos y menor el caudal de las boquillas.

El tamaño de las gotas producidas con el principio utilizado por estas máquinas es del orden de unas 100 μm , con lo que el volumen de caldo por hectárea necesario para realizar una buena cobertura de las plantas es muy reducido (< 200 L/ha.).

Sus principales ventajas radican en su gran capacidad para que la población de gotas alcance su objetivo, en las reducidas pérdidas de producto y en el bajo volumen de líquido fitosanitario por hectárea que necesitan para lograr un buen recubrimiento foliar.



Figura 6.33.- Nebulizador.

Son las máquinas de tecnología más avanzada pero aún, quizás por falta de información, no han sido plenamente adoptadas.

Capítulo 7

**MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN Y DE LA
PERSISTENCIA DE LAS APLICACIONES DE PRODUCTOS
FITOSANITARIOS**

7.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN Y DE LA PERSISTENCIA DE LAS APLICACIONES DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

La evaluación cuantitativa de la distribución de un producto fitosanitario sobre la superficie de la planta es uno de los graves problemas que se plantean cuando se pretende mejorar la eficacia de aplicación de un producto fitosanitario, así como poder establecer la caducidad de los mismos.

Los métodos utilizados para cuantificar la cantidad de superficie vegetal que, tras la aplicación de las gotas de líquido fitosanitario se encuentra cubierta de producto, pueden agruparse en analíticos, fluorimétricos, colorimétricos, de las improntas y de la visión artificial.

7.1.- Métodos analíticos

Gunkel y Mulligan en 1953, una vez que el líquido fitosanitario había sido aplicado sobre la planta, tomaban una muestra de hojas cortándolas con un sacabocados, lo que les permitía seleccionar una superficie definida. Las muestras de hojas las colocaban en un tarro de cristal conteniendo una solución adecuada para lavar el depósito existente sobre la superficie foliar. Una vez lavadas, retiraban los trozos de hojas y, en la solución, mediante análisis químico, cuantificaban la cantidad de producto fitosanitario. De esta forma calculaban la cantidad de producto fitosanitario existente por unidad de superficie.

Brittain *et al.* en 1965 desarrollaron un método que permite evaluar los depósitos de pesticidas cúpricos, y que consiste en extraer el producto fitosanitario de las plantas tratadas con un disolvente y cuantificar la cantidad de cobre en el extracto con una solución de tiosulfato de sodio. Evidentemente este método sólo puede ser utilizado para determinar la cantidad total de sustancia depositada, pero no permite analizar la uniformidad de cobertura de la superficie vegetal. Sin embargo permite hacer la evaluación en el campo en cinco o diez minutos.

Rayner, R.W. en 1960 diseñó un dispositivo que le permitió evitar el más grave de los inconvenientes del método analítico. Este inconveniente es que no permite conocer los valores de la deposición del producto fitosanitario sobre el haz y sobre el envés de las hojas, lo que es de suma importancia en el control de enfermedades fúngicas, ya que muchos de estos organismos sólo penetran por el envés de las hojas. Para ello, tomaba una muestra de hojas previamente pulverizadas y, con un sacabocados obtenía discos foliares de un centímetro cuadrado. Estos discos los colocaba con el haz hacia arriba sobre una superficie perforada, la cual introducía en un embudo Büchner. Permitía la entrada lentamente del ácido sulfúrico en el embudo, de forma que los trozos de hoja flotaban suavemente en dicho líquido. El producto fitosanitario se disolvía en el ácido y éste era retirado del embudo. A continuación los discos eran colocados con el envés hacia arriba y se repetía el proceso. Seguidamente se cuantificaba la cantidad de cobre de cada solución utilizando como reactivo la bisisclohexanona oxalildihidrazona.

7.2.- Métodos fluorimétricos

Los métodos fluorimétricos consisten en la adición al líquido fitosanitario de sustancias fluorescentes que se caracterizan porque absorben radiación de una cierta longitud de onda y la emiten como radiación de mayor longitud de onda. Existen gran variedad de sustancias fluorescentes que pueden ser usados para evaluar la calidad de las aplicaciones de productos fitosanitarios y son muchos también los colores disponibles en el rango visible, pero, como la mayoría de los substratos naturales, como hojas y suelo, son fluorescentes en la región azul, conviene utilizar trazadores que ofrezcan gran contraste, como es el amarillo.

Los productos fluorescentes solubles en agua que más se han utilizado en estas técnicas han sido la Sal Fluorescente 3S (Alliance Dye y Chemical Co. Ltd, Bolton, Lancs.) y la Fluoresceína LTS (Skilbeck Dyestuffs y Chemicals Ltd, London). La utilización de este tipo de trazadores tiene algunas desventajas. En común con todos los colorantes, los marcadores fluorescentes se decoloran, y la tasa de decoloración incrementa bajo radiación solar y luz U.V., y a veces con el calor. Esta limitación se supera trabajando en condiciones de reducida luz natural o artificial, y almacenando la calibración estándar con las muestras de campo en contenedores cerrados y sin luz. Además, los colorantes fluorescentes son no fluorescentes o débilmente fluorescentes en estado seco. La máxima intensidad fluorescente se consigue cuando están en

solución o adsorbidos por un sustrato adecuado. El papel (celulosa) es un buen adsorbente y algunos carbohidratos también. Las combinaciones de azúcar común con Sal Fluorescente 3S y de almidón con Fluoresceina LTS han sido usadas para retener la fluorescencia en sustratos secos. Estos colorantes se degradan cuando se almacenan como polvo seco en lugar cerrado, por ello, se recomienda que el colorante fluorescente se guarde en un sitio cerrado y sin luz.

El colorante TP104 (Willians Ltd, Hounslow, Middx), soluble en aceite, tiene diez veces más de intensidad fluorescente que la Fluoresceina LTS y es muy soluble en acetona a temperatura ambiente requiriendo sólo el 0,01 % (p/v) de concentración para ser utilizado como trazador.

Otros trazadores, como el Amarillo Saturno (Haeffner y Co. Ltd, Leatherhead, Surrey), son colorantes fluorescentes adsorbidos y fijados en una estructura de resina, que producen una fluorescencia estable y de alta intensidad. Estos trazadores son micronizados y el diámetro de su partículas oscila entre 1 y 9 μm . Se comercializan como polvos no mojables por lo que requieren ser humedecidos en agua conteniendo un agente mojante antes de su completa dispersión. Una práctica conveniente sería poner 100 g de pigmento en 200 ml de solución del agente mojante al 0,05% (v/v). Cuando el pigmento esté completamente mojado la suspensión se agita vigorosamente y se diluye según convenga. Se requiere un sistema eficaz de agitación para mantener la suspensión de pigmento en un líquido a pulverizar y esto puede dar lugar a la formación de gran cantidad de espuma que saca el pigmento de la suspensión. La Silicona antiespuma (B.D.H.Chemicals Ltd) previene la formación de espuma y mejora la suspensión del pigmento. La persistencia de estos pigmentos fluorescentes deberá ser tenida en cuenta cuando se repitan ensayos de trazadores sobre la misma planta.

Ha sido demostrado, en ensayos aceptados internacionalmente, que los materiales fluorescentes descritos anteriormente tienen una toxicidad en mamíferos baja. También es conocido, que las soluciones de Fluoresceina LTS y de Sal Fluorescente 3S han sido usadas en ensayos de pulverización sin que hayan surgido efectos adversos. La mayoría de estos trazadores parecen ser completamente inocuos pero sería imprudente para un operario exponerse a riesgos innecesarios con este tipo de materiales.

Liljedahl y Strait en 1959 fueron los que utilizaron por vez primera los métodos fluorimétricos, si bien lo que hicieron fue una adaptación de la técnica utilizada anteriormente por Hanson en 1949 y 1950. Ambos investigadores pulverizaron una suspensión conteniendo una sustancia fluorescente sobre tiras de papel de filtro colocadas sobre el vegetal. Las referidas cintas, una vez recogidas las hacían pasar por una cámara con luz UV donde medían la cantidad de fluorescencia emitida con una fotocélula. Las señales de la fotocélula son amplificadas y recogidas sobre una cartulina donde gráficamente se registra la distribución del líquido pulverizado, tal como fue depositado sobre la tira de papel.

Staniland en 1959 y 1960 ensayó diferentes trazadores fluorescentes y Sharp, R.B. en 1960 buscó un trazador fluorescente que fuese soluble en agua y diese fluorescencia amarilla. Encontró Sal 3S fluorescente a la concentración de 0,2% (p:v). Este trazador no es tóxico pero tiene el inconveniente, como el resto de los trazadores fluorescentes solubles en agua, de ser muy inestable a la luz solar.

Yates, W. E. en 1962, para estudiar la distribución de productos fitosanitarios en tratamientos con avionetas, utilizó el espectrofotómetro de llama Beckman DU que, básicamente, consiste en un mechero atomizador que excita el elemento metálico de la muestra líquida. El espectro de emisión es dispersado por un prisma de cuarzo que dirige la radiación de longitud de onda deseada (200 a 1000 m μ) a través de un pequeño orificio, y a continuación se mide la intensidad de radiación con un fotomultiplicador. En estos ensayos se utilizaron como trazadores el sulfato de manganeso y el cloruro de estroncio, debido a su rareza, a su economía, a que su espectro de emisión es de alta intensidad y a que su solubilidad es elevada. Las gotas de pulverización eran recogidas sobre unas placas de plástico colocadas en el terreno, las cuales se lavaban ácido clorhídrico y, la solución resultante, se introducía en el espectrofotómetro para cuantificar el trazador.

Yates, W. E. y Akesson, N. B. en 1963 pusieron a punto un método consistente en pulverizar el trazador fluorescente sobre tiras de papel Mylar (papel fotográfico de carretes sin procesar), el cual posteriormente es recogido de esta superficie con alcohol etílico 95% y cuantificado con un fluorímetro Turner mod.110.

Himel, G. M. en 1969 perfeccionó este método y consiguió identificar gotas de pulverización, por tamaño y número. Para ello puso, en un volumen de líquido fitosanitario un número conocido de partículas sólidas, insolubles, microscópicas y fluorescentes, en un volumen conocido de caldo fitosanitario no volátil. Las gotas formadas a partir de esta suspensión contienen un número predecible de partículas fluorescentes en función de su diámetro en el momento de formación. Las gotas que contienen las referidas partículas fluorescentes pueden ser contadas con un microscopio iluminado con luz U.V.

Byas, J. B., en 1969, utilizando un trazador fluorescente en agua, midió la cantidad y la distribución del depósito pulverizado sobre la superficie vegetal con un Fluorímetro sin necesidad de tener que extraer la sustancia fluorescente. Con este método sólo podía analizar superficies vegetales de 0.1 cm² como máximo y tenía que hacerlo antes de tres horas, pues, si la hoja se seca, da errores. Además este método ofrece grandes variaciones en las lecturas debidas a la fluorescencia natural de las estructuras vegetales, sobre todo cuando éstas presentan lesiones o están infectadas.

Speelman, L., en 1971, desarrolló un método de reflexión que permite examinar cuantitativamente la distribución de un líquido pulverizado, en condiciones de campo y, directamente, sobre el objetivo pulverizado. Es fundamental que el material sobre el que es recogida la pulverización no tenga reflejos que puedan interferir. Por eso utilizó tiras de polietano y poliéster ya que la mayoría de los papeles no eran apropiados.

Carman, G. E. y Jeppson, L. R., en 1978, utilizaron cartulinas de color rojo, colocadas convenientemente en diferentes zonas de las plantas. Pulverizaban con un marcador fluorescente y, una vez secas, las cartulinas eran llevadas al laboratorio donde eran observadas bajo luz U.V. con una lupa binocular (10x). Sobre la cartulina se coloca una pieza perforada de forma que se mide si hay o no fluorescencia en cada uno de los 72 huecos de 0.175 mm de diámetro de dicha pieza. Este método de evaluación requería gran cantidad de mano de obra.

Whitney, J. D., en 1987, utilizó un fluorímetro Turner mod.111 modificado que permite analizar tiras de papel pulverizadas con un trazador fluorescente. Estas tiras se hacen pasar de forma continua por el fluorímetro a una velocidad de 15.2 m/minuto.

Travis, J. W. *et al.*, en 1985, utilizaron el mismo método para determinar la deposición de productos fitosanitarios sobre hojas de manzano. Los metales pesados los cuantificaron mediante un espectrofotómetro de absorción atómica.

Solie, J. B. y Gerling, J. F., en 1985, mejoraron el método anterior que sólo mide la fluorescencia media de la tira de papel; ellos hacen avanzar el papel hasta un punto determinado y, de forma exacta, miden la fluorescencia en dicho punto.

Whitney, R. W. y Roth, L. O., en 1985, utilizaron una cuerda de algodón como recolector de las partículas pulverizadas con el marcador fluorescente comparándolo con el uso más general de tiras de papel. La ventaja de usar la cuerda es, entre otras, eliminar la necesidad de usar una estructura que soporte el colector y, por otro lado, incrementar la eficacia de la deposición.

Stonehouse, J. M., en 1990, fotografió en el campo el depósito fluorescente sobre hojas y consiguió evaluar la deposición de las gotas pulverizadas. Para ello la hoja se coloca en una cámara oscura, con luz U.V. a una distancia precisa frente a la cámara, de forma que la fotografía fuese siempre constante en tamaño e innecesario el reenfoque. Posteriormente cuantificaba la calidad de la aplicación con un analizador de imágenes.

7.3.- Métodos colorimétricos

Los métodos colorimétricos pueden usarse pulverizando el líquido fitosanitario sobre una cartulina previamente preparada de forma que cambie de color en los puntos de impacto; o bien añadiendo al líquido fitosanitario un colorante que, al ser recogido sobre materiales diversos, como porta-objetos, placas de Petri, películas de 35mm, papel vegetal, etc., permita la evaluación o cuantificación de la calidad de la aplicación.

Davis, J. M. y Elliot, K. R., en 1953, utilizaron un papel tratado con un colorante rojo, obtenido disolviendo 1 gramo de colorante Aceite Rojo de du Pont en 100 ml de acetona, que es sensible a los aceites insecticidas. Tiene la ventaja de que es un método barato, fácil de preparar en forma de cartulina del tamaño deseado, las cuales se pueden dejar en el campo durante varios días ya que no son afectadas por la lluvia o el rocío. Las gotas de pulverización, al depositarse sobre las cartulinas tratadas, disuelven el colorante de la superficie y lo arrastran a su perímetro, de forma que sobre las cartulinas de fondo rojo aparecen unas manchas de color rosa pálido con borde oscuro,

correspondientes a las gotas depositadas. La evaluación de la distribución la hacían de forma visual.

Blinn, R. C. y Lovell, J. B., en 1965, emplearon cartulinas de 10x12.5 cm. que preparaban sumergiéndolas en una solución de 2.6-dibromo-N-cloro-p-quinoleina o en nitrato de plata; en este último caso las cartulinas, una vez tratadas, se protegían de la luz hasta su uso. Se colocaban las cartulinas en la parcela a tratar y las gotas de pulverización que se depositaban sobre ellas producían manchas oscuras que, posteriormente, se cuantificaban bajo lupa de 3-5 aumentos. Los mejores resultados los obtuvieron con las cartulinas tratadas con 2.6-dibromo-N-cloro-p-quinoleina.

Turner y Huntington, en 1970, utilizaron por vez primera el método denominado de las cartulinas hidrosensibles. Éstas las preparaban sumergiendo papel Kodak, -brillante, satinado y fijado-, de 12 x16.5 cm, en una solución conteniendo 1 gr de Azul Bromofenol en 20 ml de Acetona y 180 ml de Tolueno. El papel lo dejaban secar en una campana de humos, y obtenían unas cartulinas amarillas muy sensibles al agua, en las que el impacto de las gotas produce manchas de color azul. Actualmente la firma Ciba-Geigy las comercializa con tamaño de 8x2.5 cm.

El principal problema de esta técnica ha sido durante mucho tiempo cuantificar con precisión la deposición del líquido fitosanitario. La mayoría de las veces se ha utilizado una evaluación visual mediante el uso de una escala, pero es un método bastante subjetivo y tedioso.

El método de la pulverización con colorante en sus comienzos consistió en añadir un colorante adecuado al agua de pulverización y tomar muestras del líquido pulverizado a pequeños intervalos, mediante la colocación de recipientes de vidrio o aluminio a lo largo de la parcela tratada. El colorante depositado es recogido de la superficie recolectora mediante lavado con un disolvente y con el análisis adecuado para cada caso, se determina la cantidad depositada del líquido pulverizado.

Hurtig, M *et al.*, en 1956, pulverizaban el colorante (Rojo de Willians o Aceite Rojo de du Pont) sobre una cartulina blanca (Printflex), y fotografiaban la muestra pulverizada, superponiéndole una retícula, y la procesaban de forma conveniente obteniéndose una imagen de las gotas de color blanco definido sobre un fondo negro,

consiguiéndose así una copia permanente de la distribución de gotas (aumentada 3.5x). Para evaluar la deposición contaban el número de gotas por cuadrícula, y medían el tamaño de gota superponiéndoles una lámina de plástico transparente en la que habían dibujado gotas de tamaño conocido.

Hebblethwaite, P., en 1956, pulverizó añadiendo Nigrosina G.140 a la cuba de tratamiento a una concentración del 2% (p/v). Una vez que las gotas se habían secado, recogía muestras de hojas con un sacabocados de 2.5 cm de diámetro, y las introducía en un tubo de ensayo conteniendo un volumen conocido de agua; agitaba, y como la Nigrosina es muy soluble, enseguida obtenía la solución de colorante que introducía en un colorímetro, donde, mediante absorción, cuantificaba la cantidad de Nigrosina recogida de la muestra. Para poder evaluar individualmente la deposición del colorante sobre el haz o sobre el envés de las hojas, la mitad de las muestras las pintaba por el haz con una solución de pegamento de secado rápido, y la otra mitad por el envés.

Maksymiuk, B., en 1964, para obtener mayor contraste, utilizaba un colorante negro (Sudan negro), a la concentración de 4 gr/L, que pulverizaba sobre cartulinas blancas (Kromekote). Para determinar la cantidad de colorante recogido utilizaba un colorímetro. La utilización del colorante negro tiene la ventaja, frente a los colorantes rojos, que ofrece mayor contraste y que permite evaluar gotas de hasta 7 μm de diámetro.

Carlton, J. B., en 1967, desarrolló una modificación del método colorimétrico en el que el objetivo de la pulverización era una película fotográfica de 35 mm, previamente tratada. Como colorante utilizó Nigrosina DGY y como la película utilizó Kodak de grano fino, de 35 mm, nº P417, la cual introducía, en una cámara oscura, en un tanque de revelado, sumergiéndola en un fijador durante 3 minutos a 20° C, a continuación la lavaba en una solución detergente para películas y por último la dejaba secar bajo una fuente de calor a temperatura no superior a 32.2° C. Una vez tratada la película, la colocaba en la parcela de ensayo y procedía a la aplicación del líquido fitosanitario. Una vez secas las gotas depositadas, recogía la película, la transportaba al laboratorio y la revelaba obteniendo copia estable de las gotas de colorante pulverizadas sobre la película.

Jonstone, D. R., en 1977, utilizó como colorante Azul Waxoleno o Rojo Waxoleno, I.C.I.Ltd, soluble en aceite. El colorante lo recogía de las hojas lavando las muestras con Keroseno. Esta solución la cuantificaba con un colorímetro estableciendo así la cantidad de colorante recogido por unidad de superficie.

Carlton *et al.*, en 1985 diseñaron otro dispositivo que, de forma automática, permitía realizar esta evaluación en el campo utilizando un colorímetro (Brinkman mod.PC801 digital) que medía, por absorbancia, mediante luz transmitida por fibra óptica, la cantidad de colorante recogido, señal que es amplificada y enviada a un ordenador PC para el procesado de datos.

Carlton y Bouse, en 1987, diseñaron un dispositivo que, automáticamente, cuantificaba el porcentaje de superficie cubierta, midiendo la cantidad de luz transmitida a través de una película de papel milar. Consistía, en esencia, en un mecanismo que permite el avance de la película a una velocidad regulable; una fuente de luz emitida sobre la película a través de una abertura de 2 cm²; una lente; una fotocélula; un amplificador para indicar el voltaje de la célula; y una hoja gráfica de registro continuo de la lectura. Con este sistema se obtuvo una correlación del 98% entre la cantidad de luz transmitida a través de la película de Kodalit y el porcentaje de superficie cubierta.

7.4.- Método de las improntas

Bennet y Furnidge, en 1956, desarrollaron el método de las improntas y, en base a los conocimientos anteriormente adquiridos y tratando de evitar los inconvenientes que su utilización había planteado, fue perfeccionado por Soriano *et al.* en 1987, ya que, se ha podido observar en los apartados anteriores, que los métodos desarrollados para el estudio de la calidad de distribución de productos fitosanitarios son, en unos casos, procesos de laboratorio largos y costosos que requieren personal altamente cualificado. Además, la mayoría de ellos realizan la evaluación sobre material inerte, como hojas de papel, recipientes de vidrio o aluminio, películas de 35 mm, etc, materiales que en nada tienen que ver con la superficie vegetal, cuya forma, orientación, tamaño, textura, etc, tendrán gran influencia en la cantidad de pesticida retenido. En otros casos, la evaluación se hace con sustancias como colorantes, trazadores fluorescentes o marcadores metálicos, cuyas características físico-químicas son, en la mayoría de los

casos, muy diferentes a la de las formulaciones fitosanitarias existentes en el mercado, y por tanto, variarán en cuanto a tensión superficial, adherencia, viscosidad, etc, siendo, además, en ocasiones, sustancias tóxicas o fitotóxicas, que sólo pueden ser utilizadas en parcelas de ensayo, y no de forma comercial. Este método consiste en la utilización de una sustancia química que reaccione con alguno de los componentes del producto fitosanitario utilizado en el tratamiento, y forme un precipitado de color oscuro, a ser posible negro. Conseguido esto, se toma una muestra formada por un determinado número de hojas de la planta pulverizada, se coloca entre dos folios de papel, situados entre dos láminas de papel de filtro abundantemente impregnado del reactivo químico utilizado, y el conjunto se prensa con dos placas de madera, situándolo entre dos placas de goma espuma, lo que permite mejorar el íntimo contacto entre los folios de papel y el material vegetal.

El reactivo químico atraviesa por difusión el folio de papel, reaccionando con los restos de materia activa depositada sobre las hojas de la planta y se produce, como estaba previsto, un precipitado que impregna el folio, dejando en él una huella o impronta que indica y localiza la presencia de materia activa. El resultado es, que a cada muestra de hojas tomada de la planta, le corresponden dos folios de papel, uno para el haz y otro para el envés, con improntas que indican la presencia y distribución del producto fitosanitario remanente sobre la superficie foliar.

Aunque para evaluar la calidad de la aplicación de producto fitosanitario al principio se utilizó la simple observación de las improntas, el hecho de hacer dicha valoración de forma subjetiva, hace que difícilmente puede ser considerada utilizable para una cuantificación precisa de los resultados, y es por lo Soriano *et al.* en 1996 desarrollaron un sistema electrónico que permite realizar una cuantificación objetiva. El sistema desarrollado se basa en la utilización de principios básicos de fotometría, midiendo la intensidad de luz que atraviesa, por transparencia, cada uno de los folios de papel llenos de improntas. Para ello construyeron una caja en cuya base superior, y en el interior de la caja, colocaron un foco luminoso constituido por un elevado número de puntos luminosos tratando de imitar una superficie luminosa uniforme que proyecta su luz sobre el folio.

En el interior de la caja, y colocadas a media altura, situaron dos placas de vidrio transparente, con una separación entre ellas que permite la introducción de los folios con las improntas.

En la base del paralelepípedo, y también interiormente, situaron un plano de recepción de la luz que por transparencia atraviesa el papel con las improntas, formado por un elevado número de fotorresistencias con las que imitaban una superficie receptora continua.

Para evitar posibles reflejos que ocasionen errores en las medidas, todo el interior de la caja se ha pintado de negro mate.

En dos laterales de la base de la caja se sitúan dos bandas, de igual número de fotorresistencias que las utilizadas en el plano receptor de luz, asociadas de forma que en la oscuridad total ofrezcan el mismo valor de resistencia eléctrica. Dichas bandas las recubrieron de una capa de pintura que las aislaba de la luz y las asociaron en Puente de Wheastone con las de la superficie receptora y con dos resistencias fijas. De esta forma evitaron las variaciones de resistencia ocasionadas por los cambios de temperatura.

Las fotorresistencias de la base actúan como captadores, transformando las variaciones de intensidad lumínica en modificaciones de su resistencia.

El conjunto lo alimentaron con una fuente de alimentación estabilizada. Las variaciones de transmisión de luz a través de los folios marcados por las improntas, inducen variaciones de diferencia de potencial en el Puente de Wheastone, que cuantificaban con un galvanómetro digital de alta sensibilidad.

Con este sistema, obtuvieron variaciones entre lecturas con las que establecer una escala de valores suficientemente amplia, como para encontrar diferencias relativas que permiten determinar la intensidad de las huellas obtenidas, y por tanto, llevar a cabo un análisis comparativo de la calidad de un determinado tratamiento fitosanitario, tanto por el haz como por el envés de las hojas.

7.5.- Método de la visión artificial

El método de las improntas puede ser considerado como cualitativo, permitiendo establecer comparaciones entre dos estados diferentes de distribución del producto fitosanitario sobre la superficie foliar. Pero con él no se puede realizar una valoración cuantitativa del porcentaje de superficie vegetal cubierta de producto fitosanitario.

Sistler *et al.* en 1982, desarrollaron un analizador de imágenes, suficientemente compacto como para poder ser transportado en una furgoneta y realizar la cuantificación en el campo. Este sistema de análisis utilizaba una cámara de video que, tomaba imágenes de las cartulinas pulverizadas con el colorante. Las imágenes eran digitalizadas mediante una tarjeta incorporada a un ordenador PC con resolución de 320x240 y en las imágenes digitalizadas los píxeles negros representaban las gotas de colorante, y los píxeles blancos la cartulina. Un programa escrito en Fortran cuantificaba el porcentaje de área cubierta por producto fitosanitario.

Guyer y Miles y Kranzler *et al.* en 1985 aplicaron sistemas de visión artificial y Porras y Soriano en 1996 y en 2001 aprovechando que una de las aplicaciones de la visión artificial es la digitalización de imágenes usando un escáner, desarrollaron programas informáticos que permitían evaluar el porcentaje de superficie foliar cubierto con producto fitosanitario en improntas obtenidas con el método descrito anteriormente. Con el método de las improntas y mediante la visión artificial monocromática, estudiaron la calidad de la distribución, medida como porcentaje de superficie vegetal cubierta de producto fitosanitario, y la persistencia de fungicidas cúpricos.

Soriano en 1994 y Soriano *et al.* en 1987 usaron las diferencias de color como principio básico para el análisis cuantitativo de la superficie foliar cubierta por producto fitosanitario, eliminando la parte más tediosa del método de las improntas. Este método consiste en la aplicación de la digitalización de imágenes al material vegetal tratado con producto fitosanitario, y su manejo con el software adecuado. Esta técnica ofrece un método simple y efectivo cuyas estimaciones son certeras y con la precisión que caracteriza a la visión artificial.

Más adelante los mismos investigadores pusieron a punto una técnica que contribuye a la mejora tecnológica de la utilización de los pulverizadores, permitiendo realizar “in situ” un análisis de alta precisión del porcentaje de superficie vegetal cubierta por producto fitosanitario, a partir de las imágenes obtenidas con una cámara fotográfica digital.

Porras *et al.* en 2004 utilizando un ordenador portátil, una cámara fotográfica digital, el programa informático Aldus Photo Styler y un programa informático desarrollado por ellos realizado en Turbo-basic, midieron en campo la calidad de las aplicaciones fitosanitarias en vid y en olivo. Con la cámara fotográfica, tras realizar la aplicación de líquido fitosanitario, fotografiaban muestras de hojas que tomaban de la zona de la planta a estudiar. Las fotografías que son archivos digitales se graban automáticamente en un disquete de 1.4 Mb, las archivaban en el disco duro del ordenador como archivos del tipo BMP con resolución de 640×480 píxeles. Con el programa Aldus Photo Styler estudiaban los valores RGB (rojo, verde y azul) de los píxeles que constituyen las imágenes digitalizadas con la cámara y guardadas en el disco duro como archivos BMP, buscando diferencias entre las zonas de las hojas cubiertas de producto fitosanitario y no cubiertas, para usarlas en un programa específicamente desarrollado en Turbobasic que permite establecer sobre los píxeles que forman la hoja, los cuales corresponden al producto fitosanitario, lo que permite determinar el porcentaje de superficie foliar que tras el tratamiento fitosanitario ha sido cubierto por producto.

Este método de digitalización de imágenes con 16.7 millones de colores por pixel permite aplicar en campo sistemas de visión artificial para la determinación de la calidad de las aplicaciones de productos fitosanitarios cuya presencia sobre las hojas se manifieste por cambio de color y cuantificar la superficie de hoja cubierta por cobre fitosanitario y por tanto determinar la calidad de la aplicación e incidir en tiempo real en la regulación de la maquinaria de aplicación, pero sólo es aplicable cuando el producto aplicado produce cambios en el color de la superficie vegetal

Este método, que también permite determinar en campo la persistencia de las aplicaciones fitosanitarias, puede ser utilizado para evaluar la severidad de una enfermedad o la cantidad de daño producido por una plaga cuyos síntomas cursen con diferencia de color con respecto al propio del cultivo y constituye un económico, fácil de manejar y práctico medidor del área foliar.

Capítulo 8

**DISEÑO, PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE
PROTOTIPO DE PULVERIZADOR
DE TIPO TUNEL**

8.- DISEÑO, PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE PULVERIZADOR DE TIPO TUNEL.

8.1.-Descripción del prototipo de pulverizador de tipo túnel

Los principios en los que se ha basado el diseño del pulverizador de tipo túnel han sido fundamentalmente dos: utilizar gotas de pequeño tamaño para lograr el máximo recubrimiento con la mínima cantidad de líquido fitosanitario y evitar la deriva. Con ello se ha pretendido acercar la calidad de la aplicación de la pulverización al ideal, es decir, la formación de una película continua y uniforme de producto fitosanitario sobre la superficie vegetal, evitar la pérdida de producto y reducir la contaminación ambiental producida por efecto de la deriva.

Por comodidad de manejo, para reducir las necesidades de potencia motriz, por precio de fabricación y por las características del viñedo en espaldera, se decidió fabricar un pulverizador semisuspendido al tractor de tipo túnel, que realizase la pulverización a presión del líquido por veinte boquillas dispuestas diez a diez en dos barras de tratamientos situadas a ambos lados de la máquina, construidas de manera que forman sendos túneles que, cabalgando sobre las líneas de plantas, efectúan la pulverización, la cual llega hasta los puntos de impacto sin fluido auxiliar.

El esquema del modelo construido se presenta a continuación.

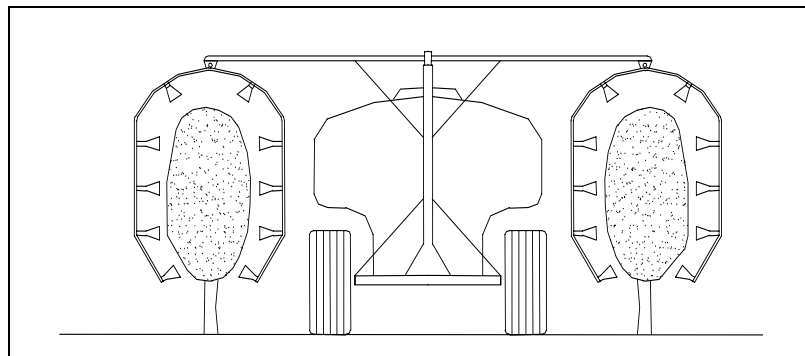


Figura 8.1.-Esquema de prototipo construido.

Las barras pulverizadoras del prototipo, con forma de arco, son dobles en cada uno de los túneles los cuales forman, con lonas plastificadas, un habitáculo cerrado que impide la deriva y reduce la evaporación. Los arcos de cada túnel, constituyen, además de las estructuras que soportan las boquillas de pulverización y las lonas plastificadas, las tuberías de conducción del líquido fitosanitario procedente de la bomba. Van

pendularmente unidos a un bastidor que permite su adaptación a los diferentes marcos de cultivo. Para reducir el goteo los túneles se construyeron plegados en su parte más baja de forma que se cerraban hacia los troncos de las cepas y, para disminuir la deriva, las boquillas fueron colocadas de forma que dirigían las gotas de pulverización al interior de cada túnel. Las boquillas de pulverización del tipo de hélice de chorro lleno, están formadas por un cuerpo sobre el que se montan todos los elementos constituyentes. El chorro formado es un cono cuyo ángulo se puede cambiar manualmente desde 20 a 80°, lo que permite, para mejorar la uniformidad de la distribución, orientarlas adecuadamente. Van montadas en número de cinco en la parte delantera de cada túnel, y otras tantas en el arco trasero del mismo.

El rendimiento equivalente de la máquina, entendiendo por tal concepto el número de líneas de cepas a las que se le aplica producto fitosanitario en una sola pasada de la máquina, es de dos líneas de cepas pulverizadas por cada pasada.

El esquema ISO del circuito hidrostático diseñado para el prototipo es el siguiente:

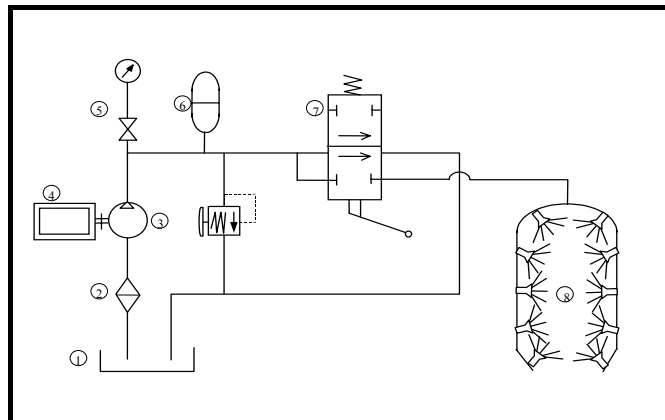


Figura 8.2.-Esquema I.S.O. del equipo hidrostático del prototipo.

El funcionamiento del equipo hidrostático de pulverización es el siguiente:

El líquido fitosanitario contenido en el depósito 1 sale de él por gravedad, pasando por un filtro grosero de malla 2 que elimina las impurezas que podrían ocasionar problemas de estanqueidad en la bomba y/o taponar los orificios de salida de las boquillas. Conducido por una tubería de baja presión ampliamente dimensionada para que no se produzca cavitación en la bomba 3, el líquido fitosanitario llega a ella, que aprovechando la energía producida por la toma de fuerza, movida por el motor alternativo del tractor, lo envía mediante tuberías de presión hasta las boquillas para su

pulverización. En la tubería de impulsión hay colocados un manómetro 5, que permite controlar la presión de trabajo, un acumulador hidroneumático 6, que evita oscilaciones indeseables en la presión de salida de la bomba del líquido fitosanitario, una válvula reguladora de presión 7, que adapta la presión a las condiciones requeridas durante la pulverización, y un distribuidor 8 del tipo 4/2 que envía la vena líquida bien hacia el retorno, haciendo que el líquido fitosanitario llegue de nuevo al depósito, o bien hacia las boquillas, en las que, al salir de ellas se rompe en finas gotas que se depositan sobre las cepas. Es importante destacar que la bomba se ha dimensionado de forma que produce un caudal suficiente como para alimentar las boquillas y, con el exceso, agitar el líquido fitosanitario contenido en el depósito.

El prototipo construido consta de los siguientes elementos:

Un bastidor metálico, provisto de eje de rodadura con dos ruedas de gran anchura para evitar compactaciones de suelo indeseables para la buena productividad de la viña. En el punto de enganche con la lanza del tractor, para evitar las fatigas de impacto producidas por los inevitables tirones que se producen durante el desplazamiento, se ha colocado un eje deslizante provisto de un resorte que actúa como amortiguador.

Un depósito de caldo, tiene la forma y nervaduras que corresponden a los actuales modelos. Se ha construido con gran funcionalidad y estética de poliéster estratificado, que tanto como por su mantenimiento, como por su capacidad para soportar los abonos líquidos y tratamientos que utilizan disolventes activos, es uno de los materiales que más se utilizan en la actualidad, a sabiendas de que, aunque algo más caro, tiene más resistencia y su reparación en el campo es rápida y simple. Se ha construido con una boca de llenado dotada de filtro de malla y cierre estanco provisto de tapón con válvulas de paso de aire que permitan que el interior del depósito esté siempre a la presión atmosférica, para permitir la salida libre de líquido hacia la bomba sin hacerse vacío en su interior, para evitar la cavitación de la bomba. Además en su diseño se ha tenido en cuenta la posibilidad de hacer el apurado total del producto fitosanitario utilizado, así como una fácil limpieza que evite el que queden restos de materia activa. También se ha tenido en cuenta que debe tener, y de hecho tiene un potente agitador hidráulico, que realiza la homogeneización del líquido fitosanitario gracias al retorno a la cuba del exceso de caudal producido por la bomba. Además dispone de un sistema que determina el nivel de líquido y que lo cuantifica. El depósito construido tiene una capacidad de 1000 litros.

Un filtro de malla de entrada del líquido fitosanitario a la bomba, cuya misión es la de eliminar las impurezas que podrían pasar al circuito hidrostático de la máquina. Este filtro lleva un sistema rápido de apertura que permite una fácil limpieza.

Una bomba, accionada por la toma de fuerza del tractor mediante una junta cardan doble, que transforma la energía que le es suministrada por el motor alternativo del tractor, en presión ejercida sobre volumen de líquido a suministrar a las plantas. Su caudal, se ha escogido un 20% mayor que el requerido por las boquillas cuando trabajan a la máxima presión. Se ha tenido en cuenta al elegir la bomba, además de asegurar el caudal máximo del pulverizador a la presión de utilización requerida por el tratamiento, el cual depende de la dosis por hectárea, del número y calibre de las boquillas, de la velocidad de marcha del pulverizador y del régimen de rotación de la bomba, que ofrezca una buena resistencia a la abrasión, que tenga una gran resistencia a líquidos corrosivos, que sea robusta, que tenga elevados rendimientos mecánico e hidráulico y que se pueda reparar y ajustar con facilidad. Según catálogo el modelo elegido, de tres pistones en paralelo, permite presiones de trabajo que llegan a 3 Mpa.

La potencia absorbida por la bomba, se calcula mediante la expresión:

$$N = Q \cdot P / \eta$$

Ecuación en la que Q es el caudal de la bomba, P es la presión de trabajo y η el rendimiento total de la bomba.

Considerando en el caso del prototipo de pulverizador un caudal máximo de 1.5 L/s, un caudal de retorno para agitación del líquido fitosanitario del 30 %, una presión máxima de trabajo de 3 Mpa y un rendimiento total de 0.64, la potencia necesaria para el accionamiento de la bomba es de 9,14 Kw.

La bomba elegida tiene un bloque de fundición, una culata de bronce, en la que lleva alojadas dos válvulas de esfera por pistón, tres pistones de acero inoxidable con juntas de estanqueidad de polidieno, un filtro de entrada de poliamida, un cigüeñal de acero forjado inoxidable, tres bielas de fundición dotadas en cabeza y pie de rodamientos antifricción de bronce.

Un acumulador hidroneumático de membrana, del tipo esférico y de 3 litros de capacidad, relleno de aire mediante una válvula a presión de 0.25 Mpa.

Un manómetro, de resorte tubular de sección elíptica con glicerina para evitar vibraciones y alargar la vida útil de sus mecanismos. Para evitar desajustes de funcionamiento debido a la fatiga que aparece en el resorte tubular cuando trabaja de

forma continua, se ha instalado en la entrada de líquido fitosanitario al manómetro un pulsador que hace que el manómetro sólo marque la presión cuando se actúa sobre él y que, una vez que se deja de pulsar, el líquido vuelva al depósito dejando de actuar la presión en el resorte tubular. De esta forma se consigue que la presión medida en el circuito hidrostático sea real y no la que aparecería por fatiga del aparato.

Un distribuidor, que permite desviar la circulación del líquido fitosanitario unas veces hacia las rampas de pulverización y otras veces hacia el retorno. El tipo de distribuidor que se ha utilizado es del tipo 4/2 (cuatro vías y dos posiciones).

Las rampas portaboquillas, diseñadas buscando la mejor adaptación al cultivo y a los objetivos propuestos en esta tesis, son estructuras tubulares que forman sendos túneles cerrados con lonas plastificadas, formando habitáculos cerrados que impiden la deriva, reducen la evaporación y que se desplazan sobre las líneas de cepas. Son los propios tubos que constituyen la estructura de las rampas las conducciones que se utilizan para llevar el líquido fitosanitario hasta las boquillas. Los túneles para evitar la deriva y la evaporación se han cerrado con lonas plastificadas, formando una estructura ligera en cuyo interior se produce la pulverización y por el cual pasan las líneas de cepas que reciben las gotas de líquido fitosanitario. La estructura soporte de los túneles, permite, mediante tubos deslizantes, cuya posición se fija mediante tuercas y tornillos de apriete, la regulación de la posición de los túneles tanto en altura como en anchura. De esta forma la máquina se puede adaptar a distintos marcos de plantación y a distintos tamaños de cepas. Se ha buscado un conjunto sólido, estable y robusto. Dadas sus reducidas dimensiones no se han montado sistemas de amortiguación. Para el desplazamiento por carretera de la máquina el montaje y desmontaje de los túneles se hace utilizando en cada uno de ellos sendas articulaciones unidas mediante gruesos tornillos. Estas articulaciones permiten que los túneles queden suspendidos de ellas pendularmente con lo que, al ir colgados de ellas, puedan desplazarse por sí solos adaptándose a la verticalidad de las plantas cuando se cultivan en terrenos con pendiente transversal.

Como las boquillas son fundamentales para obtener elevada calidad de aplicación, se han elegido boquillas de hélice por ser las únicas que pueden cambiar manualmente su ángulo de cono. Estas boquillas constan de hélice, la cámara de turbulencia de tamaño variable mediante desplazamiento con tornillo y tuerca y pastilla. La hélice y la cámara de turbulencia determinan el ángulo de cono del chorro que producen. La pastilla, que es de plástico se ha elegido con un orificio de salida de 1 mm de diámetro. El menor que comercializa la empresa constructora para, de esta

forma, obtener gotas de reducido tamaño. Según datos obtenidos a partir de catálogo, las gotas que producen las boquillas utilizadas tienen diámetros que varían desde 355 micras trabajando a 0.1 Mpa de presión hasta 205 micras cuando trabajan a 0.3 Mpa. La fijación de las boquillas de pulverización a las barras de los túneles se ha hecho a base de conexiones girostáticas del tipo “hembra tuerca loca” con ajuste a base de casquete esférico que permite orientar las boquillas de forma que el eje central del chorro de gotas salga con el ángulo más adecuado para conseguir un reparto uniforme de las gotas en la masa foliar de las cepas de vid. Para reducir el goteo los túneles se construyeron plegados en su parte más baja de forma que se cerraban hacia los troncos de las cepas.

Cada boquilla está equipada con sistemas antigoteo de membrana para impedir la salida libre de líquido cuando el distribuidor deja de enviar el producto fitosanitario, y tiene, según catálogo, un coeficiente de homogeneidad de $CH=2.5$.

8.2.-Perspectivas y fotografías de los elementos constituyentes del prototipo de pulverizador de tipo túnel.

A continuación se presentan concatenadamente las perspectivas de los elementos constituyentes del prototipo de pulverizador construido realizados en AUTOCAD, así como un conjunto de fotografías del prototipo construido.

Al final de la tesis se presenta un CD-ROM con el diseño en AUTOCAD del prototipo, con fotos de detalles constructivos y con películas de los ensayos de campo realizados.

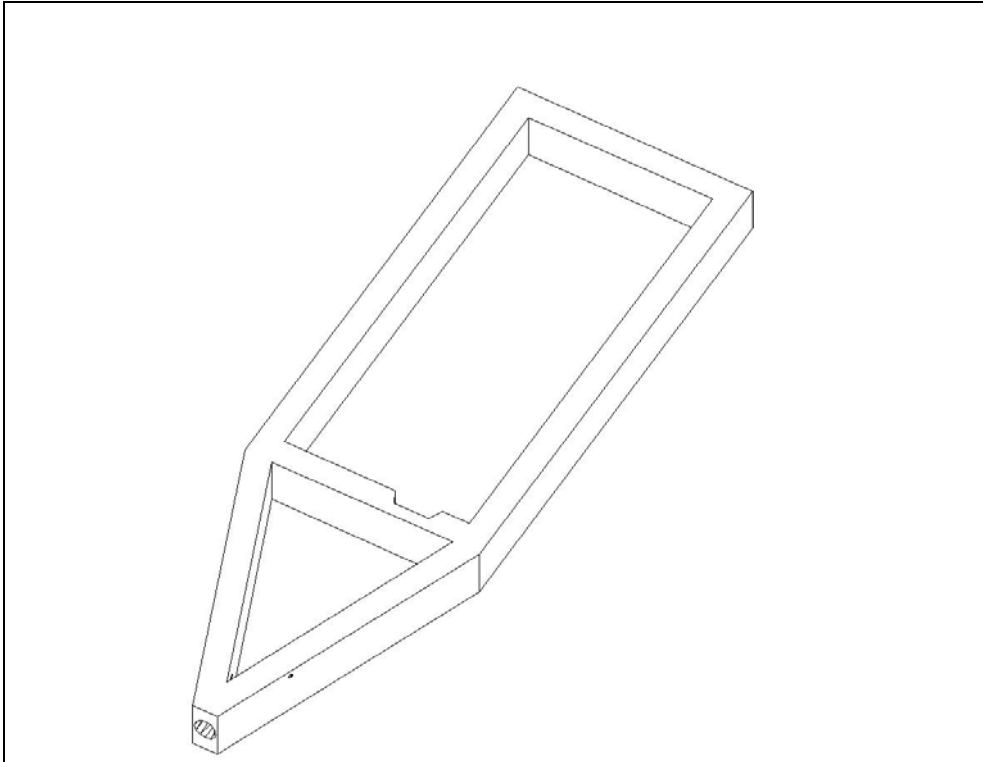


Figura 8.3.-Perspectiva del bastidor.

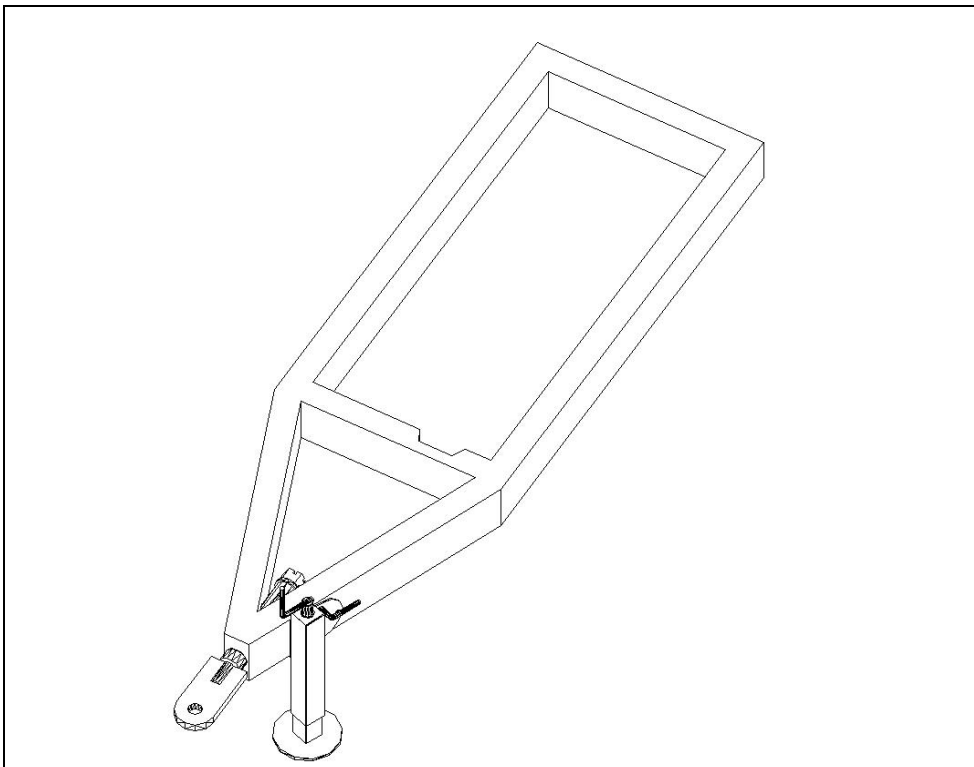


Figura 8.4.-Perspectiva del bastidor con sistema de enganche y husillo de apoyo.

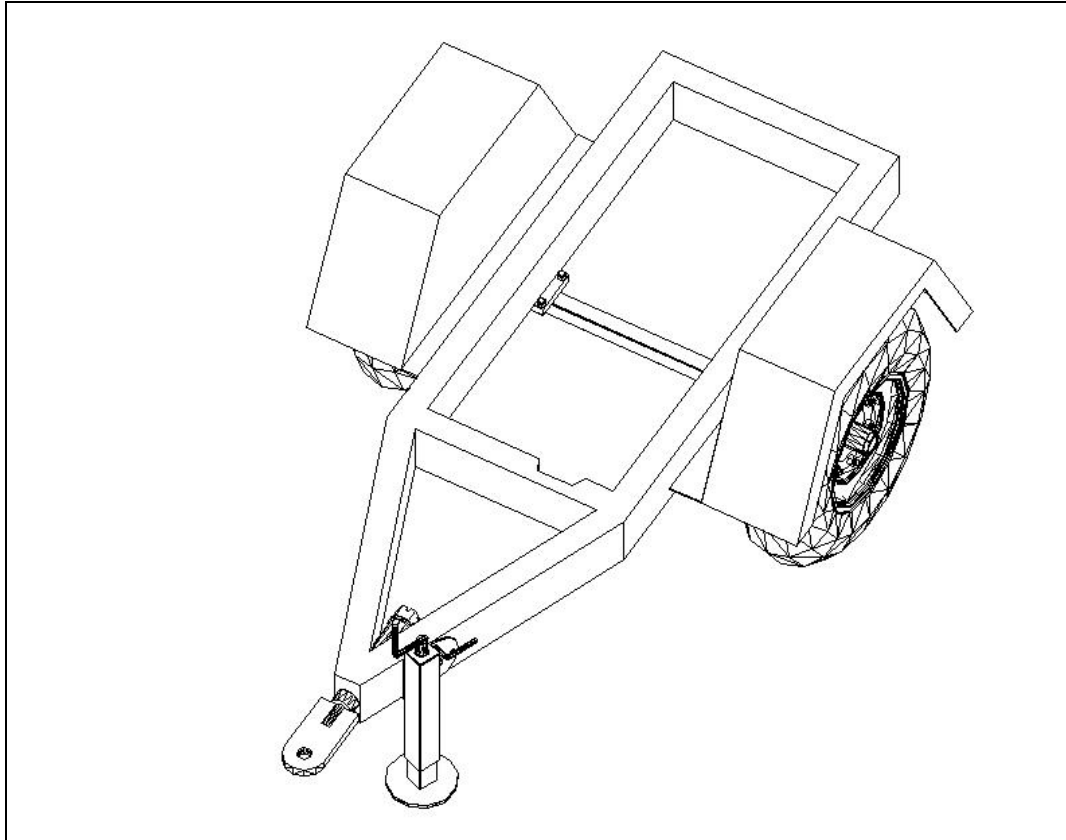


Fig 8.5.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo y rodadura.

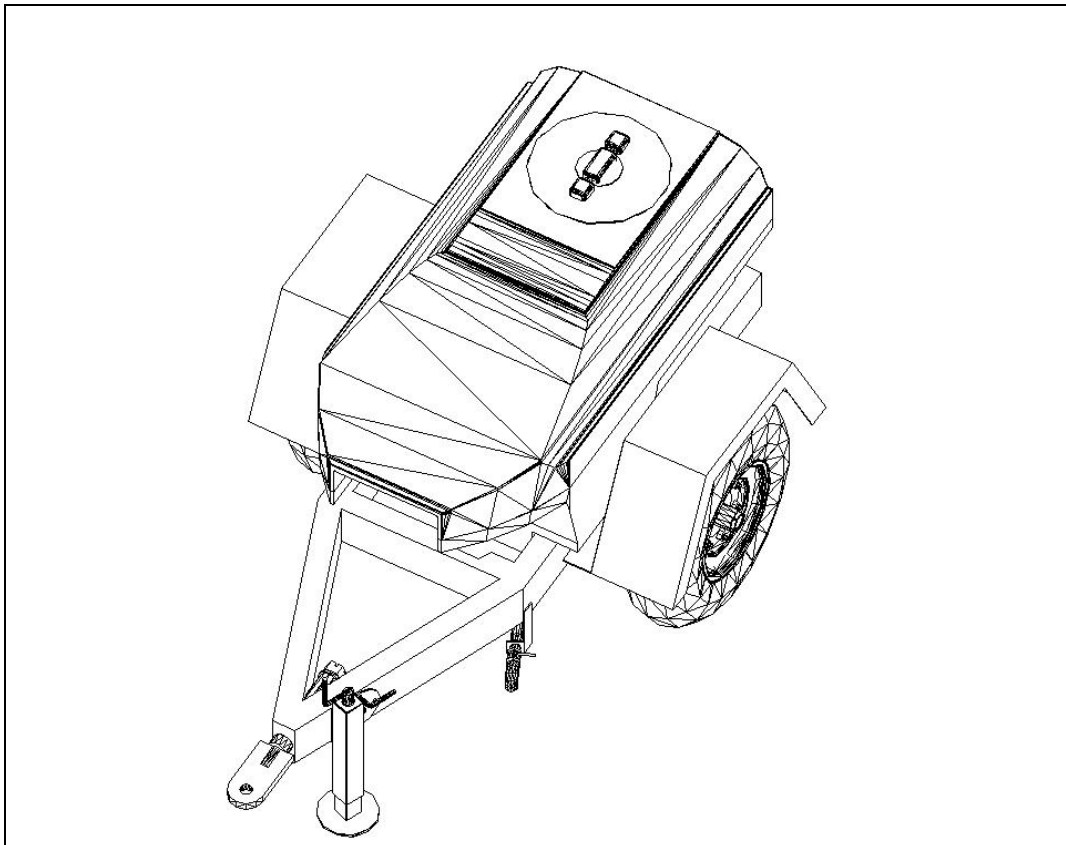


Fig 8.6.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura y depósito.

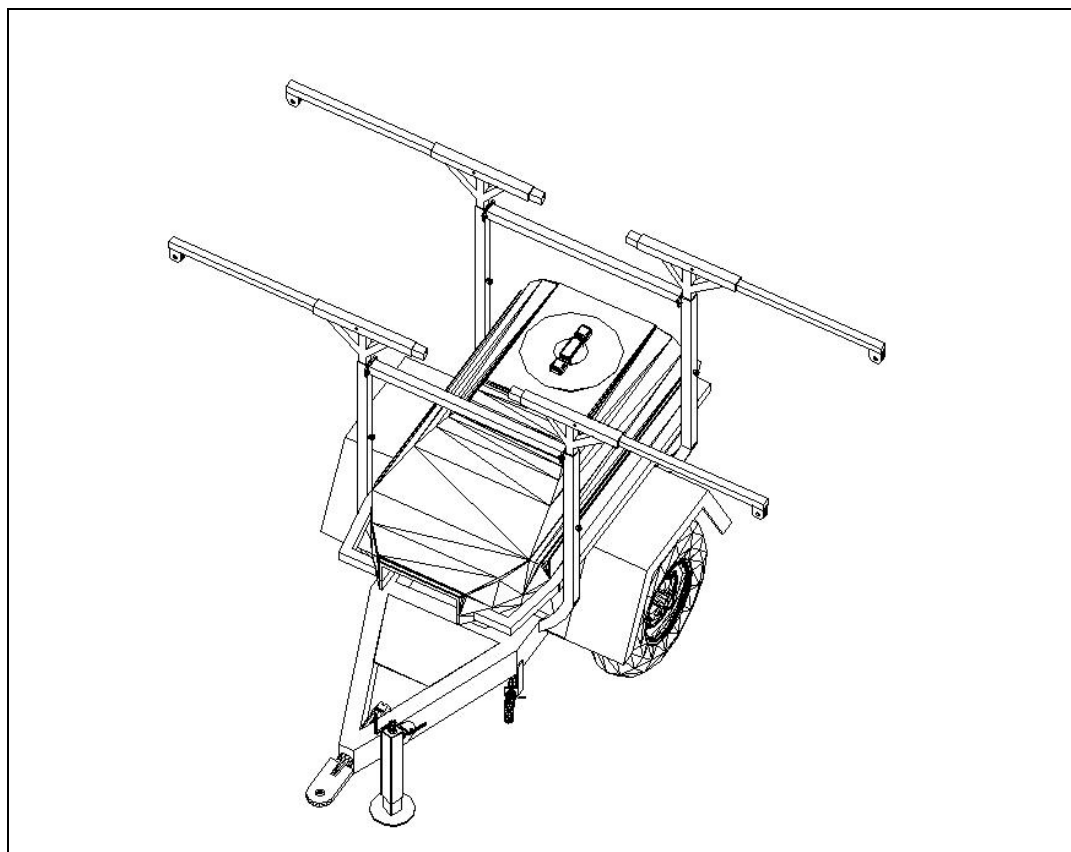


Fig 8.7.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito y estructura de soporte de túneles.

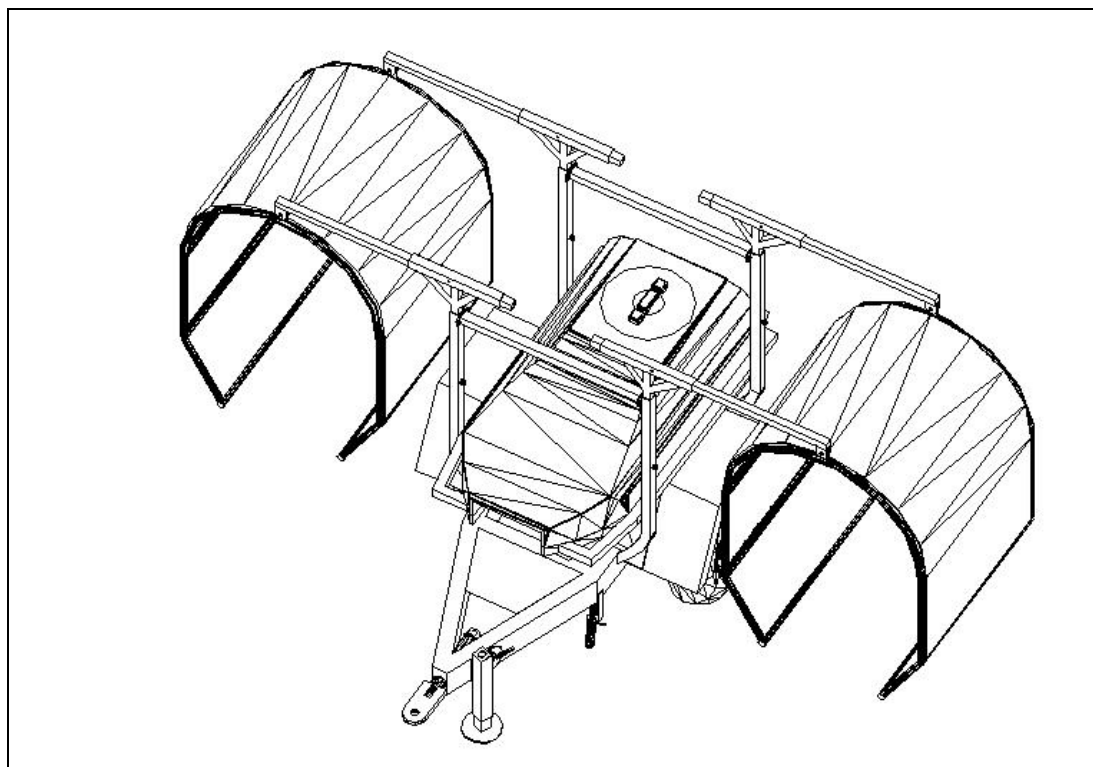


Fig 8.8.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito, estructura de soporte de túneles y túneles.

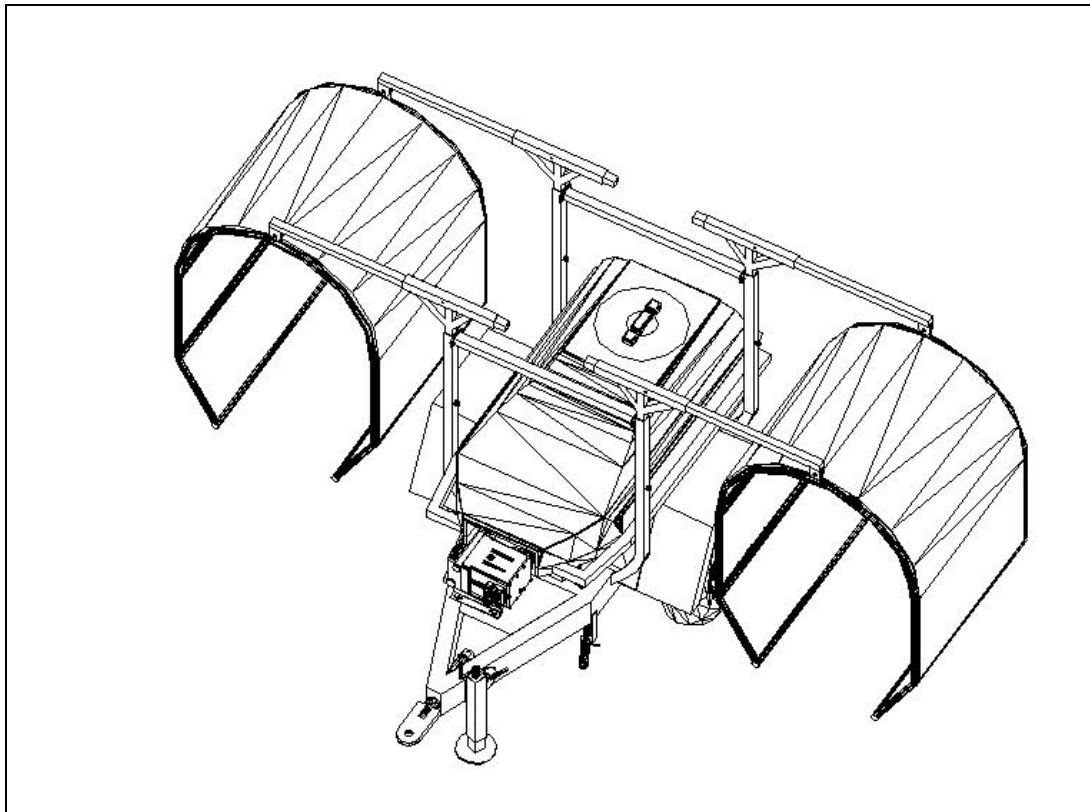


Fig 8.9.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito, estructura de soporte de túneles, túneles y equipo hidrostático.

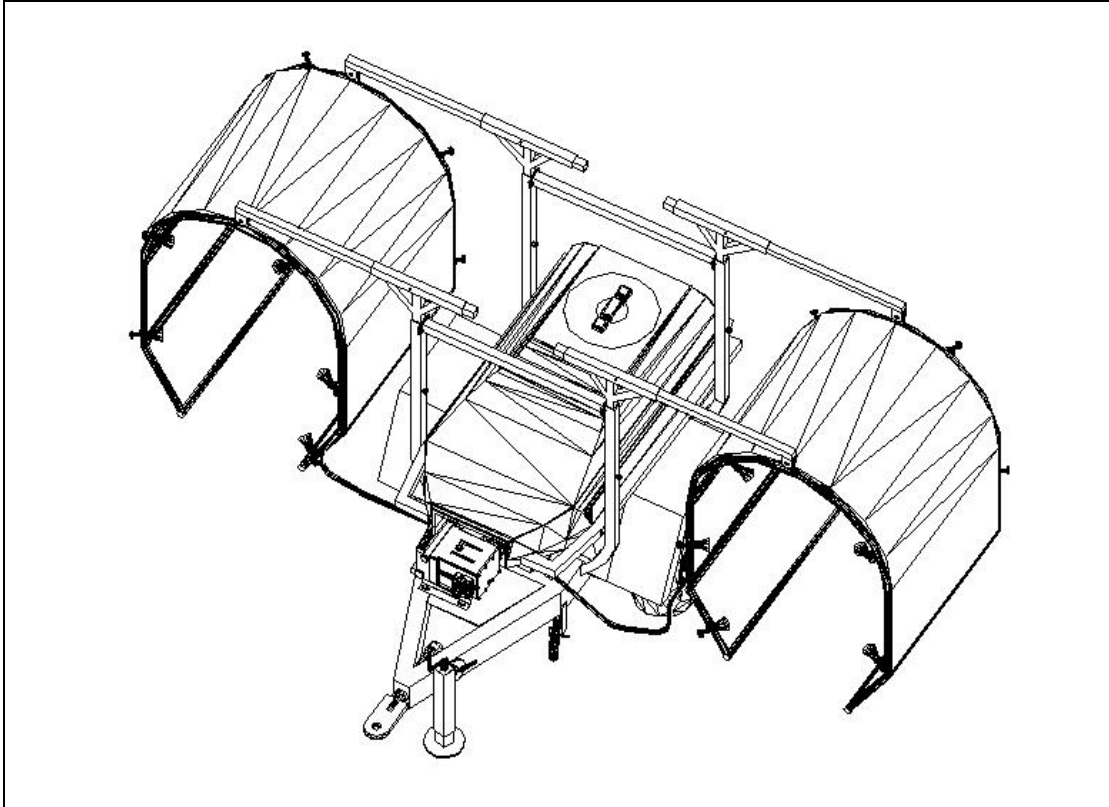


Fig 8.10.- Perspectiva del bastidor con sistema de enganche, husillo de apoyo, rodadura, depósito, estructura de soporte de túneles, túneles, equipo hidrostático y boquillas.

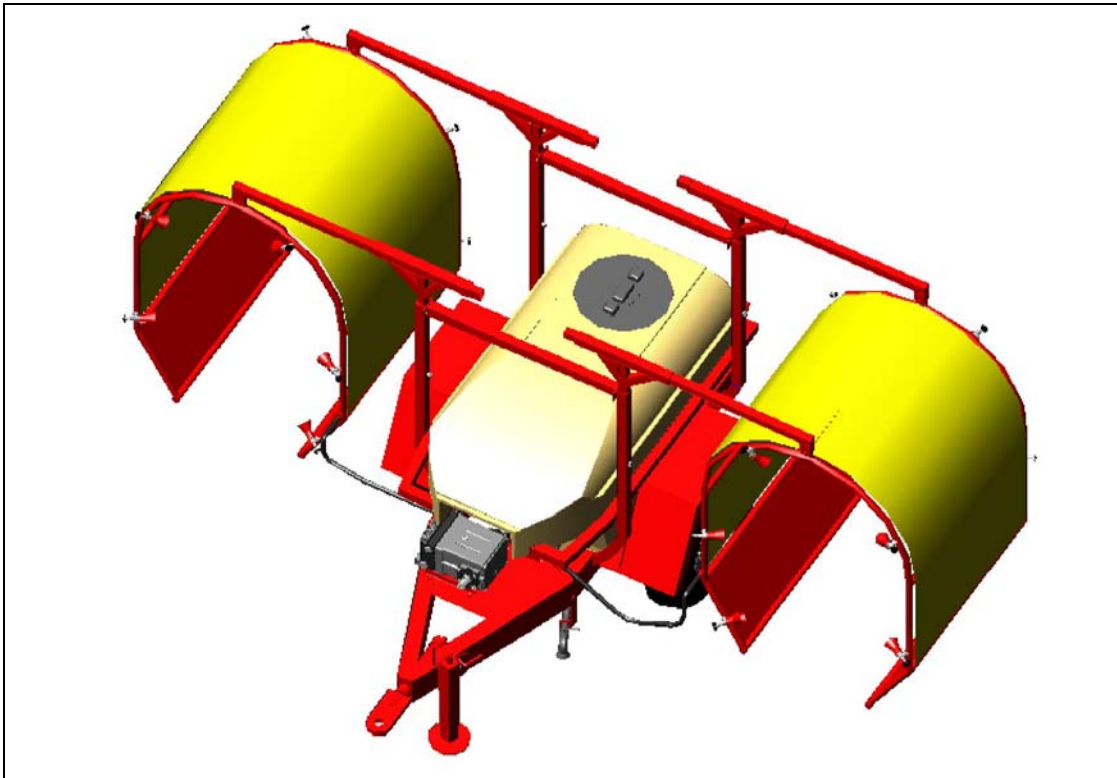


Fig 8.11.- Perspectiva del conjunto del prototipo de pulverizador de tipo túnel.



Figura 8.12.-Detalle de bastidor, bomba, enganche al tractor y junta cardan de accionamiento de la bomba.



Figura 8.13.-Detalle de regulador de presión y de distribuidor.



Figura 8.14.-Detalle de filtro de llenado y de agitador hidráulico.



Figura 8.15.-Detalle de bastidor de soporte de túneles.



Figura 8.16.-Detalle de túneles, de enganche a la estructura soporte, de fijación de lonas y de conexión de boquillas.



Figura 8.17.-Detalle de boquilla y de sus elementos.



Figura 8.18.-Proceso de montaje de túneles.



Figura 8.19.-Aspecto general del prototipo de pulverizador de tipo túnel.



Figura 8.20.- Detalle de pulverización del prototipo.



Figura 8.21.-Trabajo en campo del prototipo.

Capítulo 9

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA CUANTIFICACIÓN
DE LA CALIDAD DE DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO
FITOSANITARIO SOBRE LAS HOJAS DE VID**

9.- DESARROLLO DE SOFTWARE PARA CUANTIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO FITOSANITARIO SOBRE LAS HOJAS DE VID.

Se intentó en primer lugar aplicar el método de visión artificial utilizando las diferencias de color que normalmente aparecen sobre las hojas de vid tras la aplicación del fungicida. Pero como el producto fitosanitario aplicado no presenta diferencias visibles de color con el envés de las hojas de vid, dicho método no pudo ser aplicado. Se hizo necesario desarrollar otra metodología y se optó por la conjunción del método de las cartulinas hidrosensibles con el método de la visión artificial.

Con el método desarrollado se cuantificó la calidad de la pulverización conseguida en los ensayos, valorándola como porcentaje de superficie de cartulinas hidrosensibles cubierta por las gotas de líquido fitosanitario.

Las cartulinas de papel hidrosensible utilizadas para recibir las gotas de pulverización, sensibles al agua y al aceite, fabricadas por la firma TeeJet y comercializadas por Spraying Systems Co. tenían un tamaño de 76 x 26 mm. Antes de la aplicación del líquido fitosanitario, se colocaban en las líneas del viñedo, aplicadas por parejas sobre el haz y el envés de la misma hoja de vid, fijándolas a ellas con clips, y colocando cada pareja de cartulinas sobre una de las hojas de la cepa escogida.



Figura 9.1.- Detalle de colocación de cartulinas de papel hidrosensible

Para la cuantificación del porcentaje de superficie de cartulinas hidrosensibles cubierta por la deposición sobre ellas de las gotas pulverizadas se utilizó un equipo informático compuesto por un ordenador de sobremesa HP Vectra y un escáner HP Scanjet 6300. El proceso fue el siguiente: tras esperar el tiempo suficiente para que se

secasen las cartulinas de papel hidrosensible, se recogían y se digitalizaban individualmente con el escáner. Las imágenes, una vez digitalizadas, eran memorizadas como archivos del tipo BMP con tamaño de 640x480 pixeles, con una resolución de 100 p.p.i. Posteriormente, se les fue aplicando, una a una, el programa en Turbo-basic realizado para esta tesis doctoral. Dicho programa estudia las coordenadas R, G y B de los pixeles que constituyen las imágenes digitalizadas de las cartulinas, y cuantifica los pixeles de color azul que aparecen en las cartulinas hidrosensibles en los puntos de deposición de las gotas, distinguiéndolos del propio color amarillo de la superficie de dichas cartulinas. El listado del programa informático desarrollado, titulado MEDIR, es el que se presenta a continuación:

```
screen 12
color 14,1
window (0,0)-(639,479)
100 CLS
LET DD$="C"
LET PA$=":\\"
LET W$="PAPEL\PH\"
PRINT
PRINT
PRINT "                NOMBRE DEL ARCHIVO BMP A ESTUDIAR "
PRINT
INPUT "    ARCHIVO:"; ARC$
LET TIPO$=".BMP"
CLS
PRINT
PRINT
PRINT
LET ARCH$= DD$+PA$+W$+ARC$+TIPO$
PRINT
PRINT "                NOMBRE DEL ARCHIVO SELECCIONADO:";ARCH$
PRINT
PRINT
DIM a$(10000):dim c$(10000):dim d$(10000)
OPEN arch$ FOR BINARY AS #1
seek #1 ,18
get$ #1,1,d$
get$ #1,1,e$
seek #1,22
get$ #1,1,f$
get$ #1,1,g$
let y=asc(d$)+256*(asc(e$))
let x=asc(f$)+256*(asc(g$))
PRINT
PORCENTAJE=0
HOJA=0
BLANCO=0
COBRE=0
AMARILLO=0
print
print
print"                DETERMINANDO EL PORCENTAJE DE SUPERFICIE
CUBIERTA"
PRINT"                DE PRODUCTO FITOSANITARIO
for n=0 to x-1
```

```
for m=0 to y-1
for a=0 to 2
seek #1,54+3*m+(3*n*y)
get$ #1,1,a$
get$ #1,1,b$
get$ #1,1,c$
next a
if asc(c$)<200 and asc(b$)<200 AND asc(a$)<255 then cobre = cobre + 1
IF ASC(C$)=255 AND ASC(B$)=255 AND ASC(A$)=255 THEN blanco=blanco+1
next m
next n
let amarillo=x*y-(blanco+cobre)
let porcentaje = Int ((cobre/amarillo)*100)
PRINT
PRINT
PRINT
PRINT "          EL PORCENTAJE DE SUPERFICIE CUBIERTA DE COBRE ES DE:";
PORCENTAJE; "%"
print
PRINT
print "  PARA ANALIZAR OTRO ARCHIVO PULSAR O, PARA SALIR DEL PROGRAMA
PULSAR F"
PRINT
PRINT
input S$
CLOSE
if S$="F" or S$="f" then GOTO 200
IF S$<>"F" OR S$<>"f" THEN GOTO 100
200 PRINT " PULSAR ENTER"
PAUSE=0
```

El manejo del programa debe hacerse como se presenta a continuación:

- * En el disco C se crea una carpeta de título “PAPEL”. Dentro de dicha carpeta se crearan dos subcarpetas de títulos “PH” y “TB”.
- * El programa “MEDIR” se debe cargar en la subcarpeta “TB”.
- * Con un escáner se digitalizan las tarjetas de papel hidrosensible y las imágenes digitalizadas se guardan como archivos BMP de 640x480 pixeles y 100 p.p.i. de resolución. Cada imagen digitalizada se guarda con su nombre respectivo (podría ser ph1, ph2,...) dentro de la subcarpeta “PH”.
- * Una vez digitalizadas las cartulinas y archivadas en la subcarpeta “PH”, se ejecuta el programa “MEDIR”, se van introduciendo en él los nombres de las imágenes digitalizadas de las cartulinas hidrosensibles y en el monitor irán apareciendo los porcentajes de su superficie cubiertos por las gotas de la pulverización.

Capítulo 10

ENSAYOS

10.- ENSAYOS

10. 1.- Introducción.

Los ensayos se realizaron en una parcela de viñedo en espaldera de la variedad Syrah. Dicha plantación se hizo en junio del año 2000. La superficie de dicha plantación es de 12 ha de superficie en la que se cultivan, en igual proporción, las variedades Syrah, Cabernet Sauvignon, Petit Verdot y Tempranillo. El marco de plantación es de 3 m de distancia entre líneas y de 1.5 m de distancia entre plantas de una misma línea.

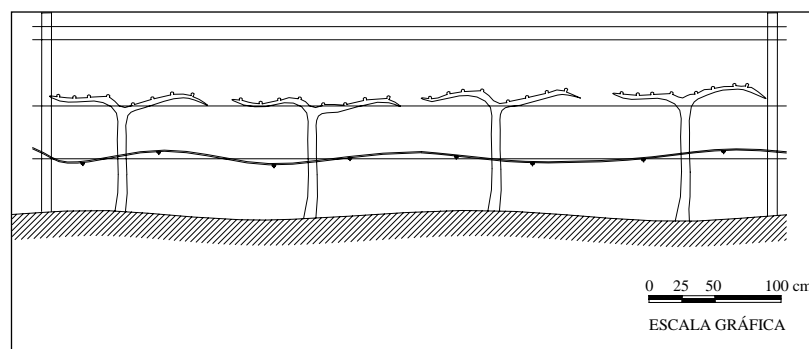


Figura 10.1.- Esquema de la plantación en la que realizaron los ensayos.

La dosis utilizada fue de 10 g de producto por litro de agua, aplicando líquido fitosanitario a razón de 200 L/ha ($20 \text{ cm}^3/\text{m}^2$). Esta dosis fue calculada considerando un Índice de área foliar de 2.75, una población de gotas de tamaño medio 250 micras, un número de 80 impactos por cm^2 de hoja y una pérdida de producto fitosanitario del 10 %. Para ello fueron atendidos los trabajos de Moreno y Pavez (2000) y de Planas (2004).

Para recibir el impacto de las gotas pulverizadas por las cuatro máquinas pulverizadoras utilizadas en los ensayos, se usaron cartulinas de 76 x 26 mm de tamaño, sensibles al agua y al aceite (TeeJet, Spraying Systems Co.).

Para que la dosis de líquido fitosanitario aplicada en los tres casos fuese la misma en cada una de las tres presiones de trabajo previstas, se adaptó al caudal de las barras de pulverización la velocidad de desplazamiento del conjunto tractor-máquina. Para ello se procedió, en primer lugar, a calcular la ecuación de la curva caudal -presión de trabajo de las boquillas de las barras pulverizadoras, de las cuatro máquinas ensayadas, midiendo en laboratorio los caudales de las boquillas pulverizadoras trabajando a las presiones de 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 y 1.5 Mpa, y, a continuación,

ajustando los valores obtenidos a una función potencial utilizando el programa Curve Expert 1.3.

Una vez obtenida la curva caudal-presión de las cuatro máquinas, se engancharon, con el depósito lleno de agua hasta las 3/4 partes de su capacidad, en un tractor (Deutz Far modelo DX) de 60 Kw de potencia nominal, dotado de una caja de cambios con reductora de cuatro combinaciones (C,M,H,R) y con punto muerto y un cambio de cuatro marchas adelante (1ª, 2ª, 3ª y 4ª), que ofrece 12 marchas hacia delante y 4 marchas hacia atrás. El conjunto se desplazó por las calles de la plantación en la que se realizó el ensayo y se obtuvieron las ecuaciones de las rectas que representan la velocidad de desplazamiento del conjunto tractor-pulverizador en función del régimen de giro del motor del tractor. Para la medición de la velocidad de giro del motor del tractor durante el ensayo se utilizó el tacómetro del vehículo, comprobando previamente su funcionamiento mediante el empleo de un tacómetro digital del tipo de reflexión (Sony, DT5350-C), el cual permite medir con precisión del 2 %.

De la curva caudal-presión de los túneles de pulverización y de las ecuaciones de velocidad de desplazamiento-régimen de giro del motor del tractor, se determinó, para aportar la dosis de 200 L/ha prevista, con las tres presiones de pulverización ensayadas, la marcha necesaria a utilizar en la caja de cambios del tractor y el régimen de giro de su motor.

El fungicida utilizado fue una asociación de Oxicloruro de Cobre 22 % en peso y Mancozeb 17.5 % en peso (Cuprevel, Polvo Mojable, Kenogard). La dosis utilizada fue de 10 g de producto por litro de agua, aplicando líquido fitosanitario a razón de 20 cm³/m² (200 L/ha).

Tras esperar el tiempo suficiente para que se secasen las cartulinas de papel hidrosensible, se recogieron y fueron digitalizadas individualmente y memorizadas como archivos del tipo BMP con tamaño de 640x480 pixeles y con una resolución de 100 pixeles por pulgada (p.p.i.). En las imágenes digitalizadas, con el programa comercial Aldus Photostyler se estudiaron los valores R, G, B correspondientes a los pixeles azules, indicadores del impacto de las gotas de pulverización, y a los amarillos, propios de las cartulinas hidrosensibles. Dichos valores fueron introducidos en el programa en Turbo-basic realizado por los autores, lo que les permitió distinguir y cuantificar el número de pixeles de cada imagen de color azul y de color amarillo, con lo que, con una precisión de 6.45×10^{-2} mm²/píxel, determinaron el porcentaje de superficie cubierta por las gotas pulverizadas.

Para analizar estadísticamente los datos obtenidos en el ensayo se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 2.1 y se aplicó un análisis Ordinario de Varianza (ANOVA), seguido de un Test de Rango Múltiple.

Se realizaron tres ensayos. El primero se utilizó para caracterizar el funcionamiento del prototipo y comprobar el método de cuantificación de la calidad del recubrimiento desarrollado. El segundo se realizó considerando que la mayoría de las veces el éxito o el fracaso conseguido, cuando se aplican productos fitosanitarios en la defensa de las plantas cultivadas, se atribuye fundamentalmente a la materia activa utilizada y es frecuente olvidar que, además, es preciso considerar la época de aplicación, el estado de desarrollo del parásito, la calidad en la ejecución de la aplicación y su oportunidad. En este ensayo se comparó el prototipo con los tres modelos comerciales más usuales de aplicación de productos fitosanitarios en viñedo: un pulverizador, un atomizador y un nebulizador. El tercero se realizó para comprobar las diferencias debidas al sistema de trabajo de las cuatro máquinas de aplicación de productos fitosanitarios (pulverizador, atomizador, nebulizador y prototipo). Para ello se evitaron las diferencias originadas en la fabricación de las máquinas, utilizando en todas ellas el mismo número, tipo y modelo de boquillas.

10.2.- Descripción del primer ensayo

Este ensayo se realizó en Julio de 2003. La temperatura y la humedad relativa desde el comienzo del ensayo hasta su finalización variaron entre 28° C y 32° C y entre 51 % y 34 %, respectivamente.

Antes de la aplicación del líquido fitosanitario, para cada presión ensayada, se colocaron en las líneas del viñedo, 36 bandas de cartulina hidrosensible, aplicadas por parejas sobre el haz y el envés de la misma hoja de vid, fijándolas a ellas con clips, y colocando cada pareja de cartulinas sobre una de las hojas situadas en la parte externa de las plantas. Las parejas de cartulinas se colocaron a tres alturas diferentes y a 3 metros de distancia en las líneas de cultivo.

La curva caudal-presión obtenida de los túneles de pulverización tiene la ecuación $Q = 357.32 * P^{0.3961}$ en la que Q es el caudal de las barras pulverizadoras en cm³/s y P es la presión de trabajo de las boquillas en Mpa.

La ecuación de la velocidad de desplazamiento del tractor, expresada en m/s, en función del régimen de giro del motor, expresado en r.p.m., tiene la forma $V = K_i \cdot n$, en

la que K_i es la pendiente de la recta correspondiente a cada marcha, cuyos valores se presentan en la tabla 10.1 y n es el régimen de giro del motor expresado en r.p.m..

VALORES DE. K_i			
MARCHA	CORTA	MEDIA	LARGA
Primera	$2,61 \cdot 10^{-4}$	$6,27 \cdot 10^{-4}$	$11,65 \cdot 10^{-4}$
Segunda	$4,11 \cdot 10^{-4}$	$9,67 \cdot 10^{-4}$	$17,93 \cdot 10^{-4}$
Tercera	$5,72 \cdot 10^{-4}$	$13,50 \cdot 10^{-4}$	$25,12 \cdot 10^{-4}$
Cuarta	$8,44 \cdot 10^{-4}$	$19,7 \cdot 10^{-4}$	$36,45 \cdot 10^{-4}$

Tabla 10.1.- Valores de la pendiente de la recta correspondiente a cada marcha.

Para cada presión de trabajo del pulverizador, la velocidad de desplazamiento necesaria, la marcha en la caja de cambios del tractor y el régimen de giro de su motor necesarios para aportar la dosis prevista de 200 L/ha son:

Caudal (l/h)	Presión (Mpa)	Velocidad del tractor (m/s)	Régimen de giro del motor (r.p.m.)	Marcha
200	0.1	1.19	1233	2ª media
200	0.3	1.84	1369	3ª media
200	0.6	2.43	1356	2ª larga

Tabla 10.2.- Velocidades de desplazamiento del tractor y marcha necesaria para aplicar la dosis de 200 L/ha.

10.3.- Descripción del segundo ensayo.

Este ensayo se realizó en Julio de 2003. La temperatura y la humedad relativa desde el comienzo del ensayo hasta su finalización variaron entre 23° C y 35° C y entre 56 % y 31 % respectivamente.

Antes de la aplicación del líquido fitosanitario con cada una de las máquinas ensayadas, para cada presión ensayada, se colocaron en las líneas del viñedo, 36 bandas de cartulina hidrosensible, aplicadas por parejas sobre el haz y el envés de la misma hoja de vid, fijándolas a ellas con clips, y colocando cada pareja de cartulinas sobre una de las hojas situadas en la parte externa de las plantas. Las parejas de cartulinas se colocaron a tres alturas diferentes y a 3 metros de distancia en las líneas de cultivo.

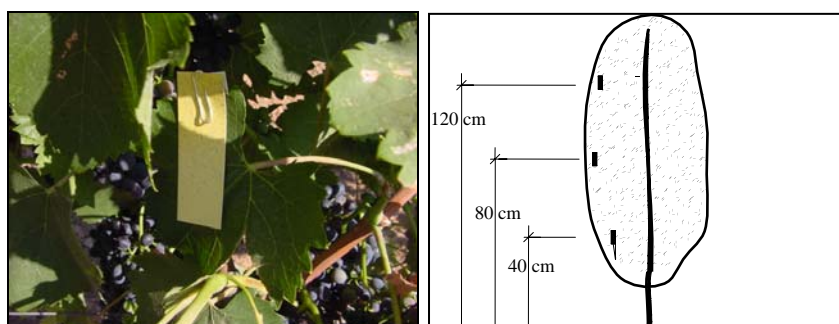


Figura 10.2.- Detalles de colocación de cartulinas hidrosensibles

Las máquinas utilizadas en el ensayo tenían las siguientes características:

Prototipo de pulverizador de tipo túnel.



Figura 10.3.- Prototipo construido para el ensayo.

Pulverizador, con dos rampas verticales de pulverización situadas una a cada lado de la máquina. Cada barra de pulverización tenía cuatro boquillas del tipo de hélice de cono lleno cuyo ángulo era de 30° , sujetas mediante un sistema de hembra tuerca loca.

Para pulverizar por ambos lados una línea de plantas la pulverización se hacía desplazando el conjunto tractor pulverizador en dos líneas consecutivas. De esta forma la línea central de plantas recibía el líquido fitosanitario por ambos lados. El rendimiento equivalente del pulverizador, entendiendo por tal el número de líneas de cultivo tratadas en cada desplazamiento de la máquina es de una línea de cultivo por pasada.

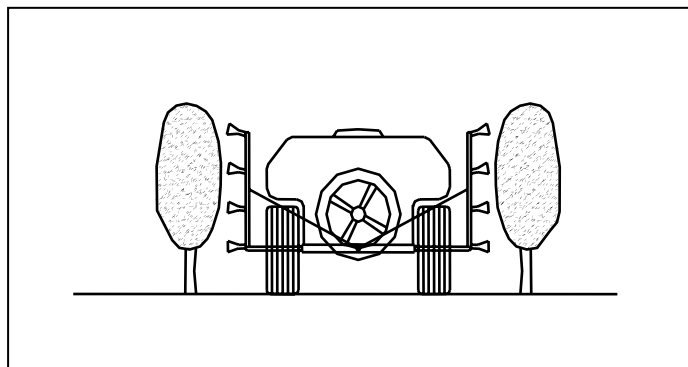


Figura 10.4.- Pulverizador.

Atomizador, con dos rampas de pulverización curvadas en forma de segmento circular situadas alrededor del ventilador. Una de ellas pulverizaba sobre una cara de una línea de cultivo y la otra sobre la cara vecina de la otra línea de cultivo. a cada lado

de la máquina. Cada barra de pulverización tenía cuatro boquillas del tipo de hélice de cono lleno cuyo ángulo era de 30° , sujetas mediante un sistema de hembra tuerca loca.

Para pulverizar por ambos lados una línea de plantas, la pulverización se hacía desplazando el conjunto tractor pulverizador en dos líneas consecutivas. De esta forma la línea central de plantas recibía el líquido fitosanitario por ambos lados. El rendimiento equivalente del pulverizador, entendiéndose por tal el número de líneas de cultivo tratadas en cada desplazamiento de la máquina es de una línea de cultivo por pasada. El rendimiento equivalente de esta máquina es de sólo una línea de cultivo por pasada.

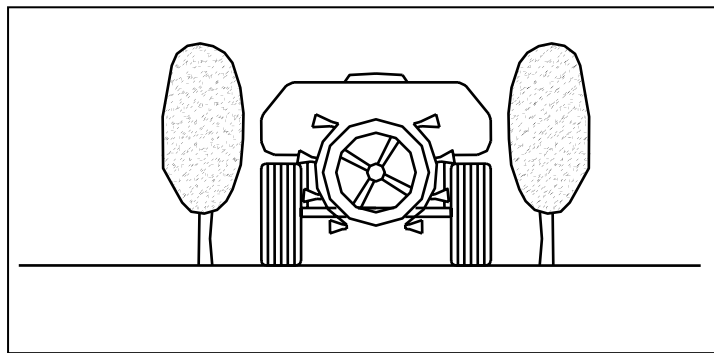


Figura 10.5.- Atomizador.

Nebulizador, con dos rampas de pulverización con forma de pórtico situadas una a cada lado de la máquina. Una de ellas pulverizaba sobre ambos lados de una línea de cultivo y la otra, de igual forma sobre la línea paralela de cultivo. Cada barra de pulverización tenía cuatro boquillas del tipo de hendidura con un ángulo de abanico de 35° , sujetas mediante un sistema de hembra tuerca loca.

Una sola pasada del nebulizador permitía aplicar producto fitosanitario simultáneamente sobre dos líneas de cultivo. Para pulverizar por ambos lados una línea de plantas, la pulverización se hacía desplazando el conjunto tractor pulverizador en dos líneas consecutivas. El rendimiento equivalente de esta máquina es de dos líneas de cultivo por pasada.

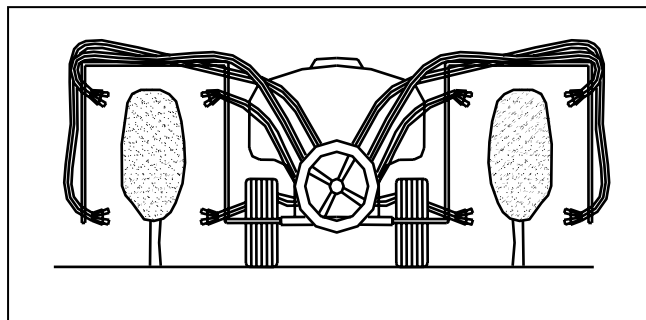


Figura 10.6.- Nebulizador

10.4.- Descripción del tercer ensayo.

Este ensayo se realizó en Julio de 2004. La temperatura y la humedad relativa desde el comienzo del ensayo hasta su finalización variaron entre 23° C y 34° C y entre 59 % y 31 % respectivamente.

En las cuatro máquinas ensayadas se utilizaron el mismo número y modelo de boquillas que se utilizaron en la construcción del prototipo.

Un total de doce cartulinas de papel hidrosensible fueron colocadas en cada planta. Para ello se fijaron con clips dos a dos, una sobre el haz y otra sobre el envés de la misma hoja. En cada planta se pusieron 6 parejas de cartulinas. De ellas, tres parejas se colocaron sobre sus correspondientes hojas situadas en el exterior de la planta a tres alturas diferentes medidas sobre el suelo: 40, 80 y 120 cm. Las otras tres parejas de cartulinas de papel hidrosensible se situaron sobre sus tres hojas correspondientes, en este caso situadas en el interior de la planta, cerca del tronco, a las tres alturas referidas. Esta misma acción se repitió en 6 plantas de vid situadas distanciadas 3 m. en la misma línea de cepas. En total para cada tipo de máquina y para cada presión de trabajo se utilizaron 72 cartulinas de papel hidrosensible.

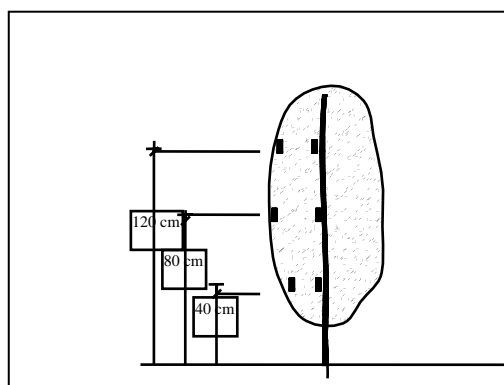


Figura 10.7.- Detalle de colocación de las cartulinas de papel hidrosensible en el exterior y en el interior de las plantas de vid.

En este ensayo se utilizó el prototipo construido sin realizar en él ninguna modificación.

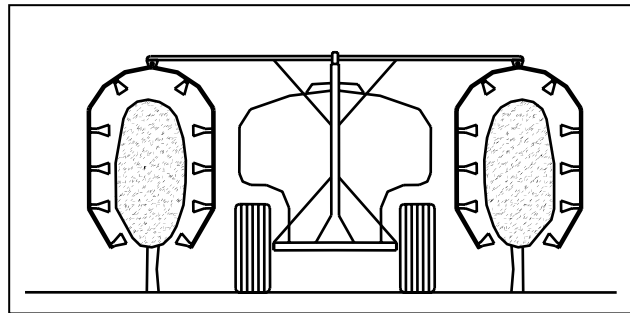


Figura 10 8.- Prototipo de pulverizador de tipo túnel.

El pulverizador se modificó de manera que cada barra de pulverización tenía cinco boquillas del tipo de hélice de cono lleno cuyo ángulo se puede cambiar manualmente desde 20 a 80°, sujetas mediante un sistema de hembra tuerca loca.

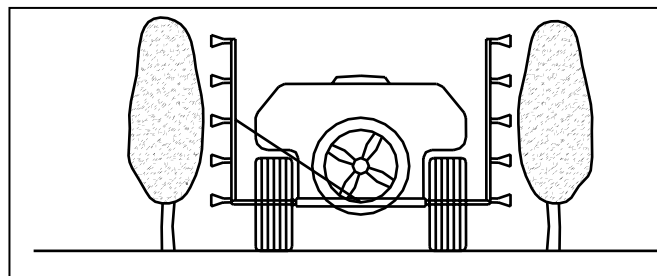


Figura 10.9.- Pulverizador con cinco boquillas por rampa.

El atomizador se modificó de forma que tenía dos barras de pulverización, cada una con cinco boquillas del tipo de hélice de cono lleno cuyo ángulo se puede cambiar manualmente desde 20 a 80°, sujetas mediante un sistema de hembra tuerca loca.

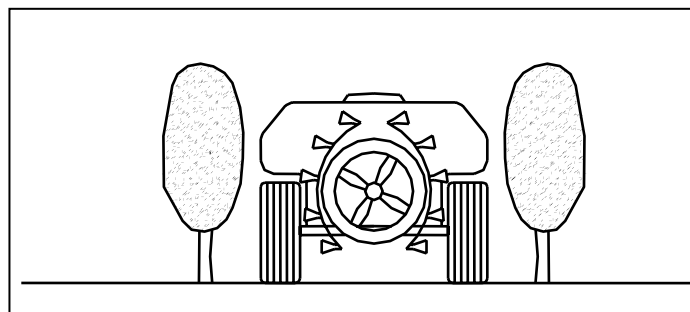


Figura 10.10.- Atomizador con cinco boquillas por rampa.

El nebulizador se modificó de forma que tenía dos rampas de pulverización, cada una con diez boquillas del tipo de hélice de cono lleno cuyo ángulo se puede

cambiar manualmente desde 20 a 80°, sujetas mediante un sistema de hembra tuerca loca.

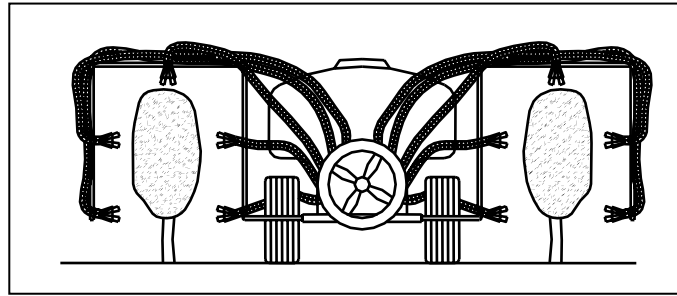


Figura 10.11.- Nebulizador con cinco boquillas por rampa.

Capítulo 11

RESULTADOS

11.- RESULTADOS

Es de destacar que ninguna de las parejas de papel hidrosensible colocadas sobre las hojas de vid se perdió en los ensayos, lo cual era de esperar pues ni las boquillas las tocaban durante los ensayos, ni la corriente de aire producida por los ventiladores del atomizador, ni del nebulizador, era suficiente para arrastrar las cartulinas al estar fijadas sobre las hojas sometidas a la presión ejercida por los clips usados para su fijación.

11.1.- Resultados obtenidos en el primer ensayo.

Los valores medios de los porcentajes de superficie de las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés y en el haz de las hojas, cubierta por los impactos de las gotas de pulverización, comparados estadísticamente, así como los valores máximos, mínimos y sus desviaciones típicas fueron:

PRESIONES (Mpa)	ENVÉS	HAZ	ENVÉS		HAZ		DESV. TIP.	
			MIN	MAX	MIN	MAX	ENVÉS	HAZ
0.1	5,79 a	21,60 a	3,69	7,88	9,55	29,38	1,55	5,88
0.3	9,87 ab	36,07 b	6,31	15,86	14,76	78,95	2,40	14,94
0.6	15,12 b	54,30c	8,31	22,41	22,39	79,53	4,59	18,12

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.1.- Valores medios de los porcentajes de superficie de las cartulinas hidrosensibles cubiertas con los impactos de las gotas de pulverización.

11.2.- Resultados obtenidos en el segundo ensayo.

Los valores medios de los porcentajes de superficie de las cartulinas hidrosensibles cubierta por los impactos de las gotas de pulverización, se presentan en las tablas 1 a 8. Además se presentan sus valores mínimos, máximos y sus desviaciones típicas. Las tablas 9, 10 y 11 presentan, para las distintas presiones del ensayo, los porcentajes medios de recubrimiento obtenidos con las cuatro máquinas ensayadas y su análisis estadístico comparativo.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	1,26 a	0,27	2,93	0,776
0.3	1,92 a	0,38	3,95	3,045
0.6	3,29 a	0,62	3,38	0,809

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.2.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas con el pulverizador.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	2,11 a	0,88	3,85	0,873
0.3	3,53 a	1,34	4,87	0,973
0.6	5,58 b	3,03	8,88	1,618

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.3.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas con el atomizador.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	3,77 a	1,63	6,23	3,143
0.3	6,21 b	2,45	8,78	3,358
0.6	7,03 c	3,45	9,27	4,725

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.4.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas con el nebulizador.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	5,79 a	3,69	9,55	1,551
0.3	9,87 ab	6,31	14,76	2,399
0.6	15,12 b	8,31	22,39	4,589

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.5.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el envés de las hojas con el prototipo.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	6,65 a	1,96	11,19	3,057
0.3	11,15 b	7,41	17,43	3,949
0.6	13,63 b	2,54	23,13	5,298

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.6.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas con el pulverizador.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	10,72 a	4,45	15,54	3,143
0.3	19,24 b	14,37	23,24	3,358
0.6	25,40 c	17,92	33,88	4,725

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.7.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas con el atomizador.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	18,36 a	7,88	29,38	5,486
0.3	28,50 b	17,65	36,43	5,545
0.6	46,66 c	27,07	62,14	10,427

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq 0,05$)
 Tabla 11.8.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas con el nebulizador.

PRESIÓN (Mpa)	ENVÉS	MÍNIMO	MÁXIMO	DESV. TIP.
0.1	21,60 a	9,88	30,02	5,878
0.3	36,07 b	15,86	78,95	14,944
0.6	54,30c	22,41	79,53	18,120

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq .05$)
 Tabla 11.9.- Valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas del porcentaje de recubrimiento obtenido en las cartulinas hidrosensibles colocadas en el haz de las hojas con el prototipo.

MÁQUINA	PRESIÓN (Mpa)	HAZ	ENVÉS
PULVERIZADOR	0.1	6,65 a	1,26 a
ATOMIZADOR	0.1	10,72 ab	2,11 ab
NEBULIZADOR	0.1	18,36 c	3,77 b
PROTOTIPO	0.1	21,60 d	5,79 c

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq .05$)
 Tabla 11.10.- Análisis comparativo de medias del porcentaje de recubrimiento conseguido con las distintas máquinas a 0.1 Mpa.

MÁQUINA	PRESIÓN (Mpa)	HAZ	ENVÉS
PULVERIZADOR	0.3	11,15 a	1,92 a
ATOMIZADOR	0.3	19,24 b	3,53 a
NEBULIZADOR	0.3	28,50 c	6,21 b
PROTOTIPO	0.3	36,07 d	9,87 c

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq .05$)
 Tabla 11.11.- Análisis comparativo de medias del porcentaje de recubrimiento conseguido con las distintas máquinas a 0.3 Mpa.

MÁQUINA	PRESIÓN (Mpa)	HAZ	ENVÉS
PULVERIZADOR	0.6	13,63 a	3,29 a
ATOMIZADOR	0.6	25,40 b	5,58 b
NEBULIZADOR	0.6	46,66 c	7,03 c
PROTOTIPO	0.6	54,30 d	15,12 d

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95 % ($p \leq .05$)

Tabla 11.12.- Análisis comparativo de medias del porcentaje de recubrimiento conseguido con las distintas máquinas a 0.6 Mpa.

11.3.2.- Resultados obtenidos en el tercer ensayo

Las tablas 11.13 a 11.16 muestran, para cada presión de trabajo utilizada, los valores comparados estadísticamente de los porcentajes de recubrimiento obtenidos en las cartulinas colocadas sobre el haz y el envés de las hojas situadas en la parte externa de las plantas, y en el recubrimiento obtenido en las cartulinas en el haz y en el envés de las hojas situadas cerca del tronco.

PULVERIZADOR							
POSICION DE LAS CARTULINAS	ALTURA DE COLOCACIÓN DE LAS CARTULINAS (cm)	HAZ DE LAS HOJAS			ENVÉS DE LAS HOJAS		
		PRESIÓN DE TRABAJO			PRESIÓN DE TRABAJO		
		0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa	0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa
EXTERIOR DE LA PLANTA	40	6.94 a	14.53 bc	14.84 bc	1.86 de	1.17 d	2.31 e
	80	7.16 a	13.65 b	19.32 c	1.38 de	1.30 d	1.79 de
	120	7.96ab	9.91 ab	15.00 bc	1.53 de	1.33 d	1.91 de
INTERIOR DE LA PLANTA	40	2.08 fg	2.81gh	3.80 I	0.26 jk	0.46kl	0.62 lm
	80	1.32 f	3.17 hi	2.96 ghi	0.15 j	0.48 kl	0.59 lm
	120	1.47 f	2.78 gh	3.41 hi	0.15 j	0.71 lm	0.85 m

Valores seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)

Tabla 11.13.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el pulverizador en las cartulinas de papel hidrosensible.

ATOMIZADOR							
POSICION DE LAS CARTULINAS	ALTURA DE COLOCACIÓN DE LAS CARTULINAS (cm)	HAZ DE LAS HOJAS			ENVÉS DE LAS HOJASE		
		PRESIÓN DE TRABAJO			PRESIÓN DE TRABAJO		
		0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa	0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa
EXTERIOR DE LA PLANTA	40	11.22 a	17.67 abc	21.82 c	2.62 de	3.49 def	6.25 g
	80	11.49 a	17.60 abc	23.03 c	1.67 d	4.19 efg	5.29 fg
	120	12.69 ab	19.28 bc	21.65 c	1.89 d	5.17 fg	5.38 fg
INTERIOR DE LA PLANTA	40	3.61 h	4.63 hi	5.93 I	0.99 jk	0.99 jk	1.23 jk
	80	4.73 hi	5.93 I	4.47 hi	1.30 jk	1.17jk	1.27 jk
	120	3.93 h	4.99 hi	4.69 hi	0.92 j	1.26 jk	1.43 k

Valores seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)

Tabla 11.14.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el atomizador en las cartulinas de papel hidrosensible.

NEBULIZADOR							
POSICION DE LAS CARTULINAS	ALTURA DE COLOCACIÓN DE LAS CARTULINAS (cm)	HAZ DE LAS HOJAS			ENVÉS DE LAS HOJAS		
		PRESIÓN DE TRABAJO			PRESIÓN DE TRABAJO		
		0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa	0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa
EXTERIOR DE LA PLANTA	40	16.94 a	23.03 a	39.01 b	3.33 c	7.10 cde	13.01 f
	80	16.95 a	24.30 a	38.34 b	5.43 c	6.66 cd	12.10 ef
	120	19.70 a	25.62 a	41.51 b	4.03 c	7.06 cde	11.64 def
INTERIOR DE LA PLANTA	40	7.96 gh	10.89 hij	17.53 k	2.43 lm	2.48 lm	3.90 n
	80	7.58 gh	9.03 ghi	12.20 ij	1.57 l	2.30 lm	3.15 mn
	120	6.60 g	9.47 ghi	14.16 jk	1.96 l	1.87 l	3.07 mn

Valores seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)

Tabla 11.15.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el nebulizador en las cartulinas de papel hidrosensible.

PROTOTIPO							
POSICION DE LAS CARTULINAS	ALTURA DE COLOCACIÓN DE LAS CARTULINAS (cm)	HAZ DE LAS HOJAS			ENVÉS DE LAS HOJAS		
		PRESIÓN DE TRABAJO			PRESIÓN DE TRABAJO		
		0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa	0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa
EXTERIOR DE LA PLANTA	40	24.50 ab	33.05 bcd	44.88 e	6.24 f	12.62 gh	16.25 h
	80	26.16 abc	37.78 de	45.55 e	5.36 f	9.14 fg	15.30 h
	120	22.33 a	36.13 cde	42.70 de	8.01 fg	9.07 fg	12.94 gh
INTERIOR DE LA PLANTA	40	6.27 ij	9.69 jkl	11.70 lm	1.62 n	2.08 no	2.72 op
	80	4.69 i	8.24 jk	14.84 m	1.36 n	1.78 n	3.21 p
	120	7.23 ij	7.23 ij	11.23 kl	2.01 no	1.93 no	3.15 p

Valores seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)
 Tabla 11.16.- Valores medios del porcentaje de recubrimiento obtenido con el prototipo en las cartulinas de papel hidrosensible.

Las tablas 11.17, 11.18 y 11.19 ofrecen, para las tres presiones de pulverización utilizadas en los ensayos, estadísticamente comparados los valores de los porcentajes de recubrimiento de las cartulinas de papel hidrosensible obtenidos con las cuatro máquinas ensayadas, así como sus correspondientes valores mínimo y máximo.

PRESIÓN 0.1 Mpa							
POSICION DE LAS CARTULINAS	MAQUINA	PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO					
		HAZ DE LAS HOJAS			ENVÉS DE LAS HOJAS		
		VALOR MEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	VALOR MEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
EXTERIOR DE LA PLANTA	PULVERIZADOR	7.36 a	2.10	22.89	1.59 e	0.77	2.62
	ATOMIZADOR	11.80b	3.52	22.28	2.06 ef	0.64	4.01
	NEBULIZADOR	17.86c	12.04	28.62	4.26 fg	1.32	10.32
	PROTOTIPO	24.33 d	16.35	36.53	6.54 gh	2.36	14.12
INTERIOR DE LA PLANTA	PULVERIZADOR	1.62 i	0.34	3.02	0.19 m	0.02	0.45
	ATOMIZADOR	4.09 j	1.90	7.32	1.07 n	0.49	1.97
	NEBULIZADOR	7.38 k	4.85	12.16	1.99 ni	0.93	3.96
	PROTOTIPO	6.06 l	2.78	12.11	1.66 ni	0.86	3.16

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)
 Tabla 11.17.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento y sus correspondientes valores mínimos y máximos, obtenidos en las cartulinas de papel hidrosensible con las cuatro máquinas trabajando a 0.1 Mpa.

PRESIÓN 0.3 Mpa							
POSICION DE LAS CARTULINAS	TIPO DE MAQUINA	PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO					
		HAZ DE LAS HOJAS			HAZ DE LAS HOJAS		
		VALOR MEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	VALOR MEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
EXTERIOR DE LA PLANTA	PULVERIZADOR	12.70 a	3.07	22.90	1.27 e	0.43	3.15
	ATOMIZADOR	18.18 b	11.26	31.72	4.29 f	2.45	11.13
	NEBULIZADOR	24.32 c	10.42	41.29	6.946 fg6	3.96	15.46
	PROTOTIPO	35.65 d	23.25	56.26	10.28 ag	4.16	18.12
INTERIOR DE LA PLANTA	PULVERIZADOR	2.92 h	1.67	5.12	0.55 l	0.06	1.20
	ATOMIZADOR	5.18 I	2.97	8.05	1.14 lm	0.36	1.94
	NEBULIZADOR	9.80 k	6.12	16.70	2.21 mn	1.30	3.18
	PROTOTIPO	8.38 j	6.19	13.15	1.93 nh	1.22	3.11

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)
 Tabla 11.18.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento y sus correspondientes valores mínimos y máximos, obtenidos en las cartulinas de papel hidrosensible con las cuatro máquinas trabajando a 0.3 Mpa.

PRESIÓN 0.6 Mpa							
POSICION DE LAS CARTULINAS	TIPO DE MAQUINA	PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO					
		HAZ DE LAS HOJAS			HAZ DE LAS HOJAS		
		VALOR MEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	VALOR MEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
EXTERIOR DE LA PLANTA	PULVERIZADOR	16.38 a	4.76	33.35	2.00 e	0.41	5.36
	ATOMIZADOR	22.17 b	15.40	38.29	5.64 e	2.97	10.28
	NEBULIZADOR	39.62 c	22.55	69.03	12.25 a	5.82	29.76
	PROTOTIPO	44.37 d	31.12	76.11	14.83 a	7.11	28.10
INTERIOR DE LA PLANTA	PULVERIZADOR	3.39 f	1.87	5.14	0.69j	0.16	1.43
	ATOMIZADOR	5.03 g	3.03	9.63	1.31 k	0.38	2.0655
	NEBULIZADOR	14.63 I	6.35	23.12	3.37 I	1.36	5.18
	PROTOTIPO	12.59 h	6.31	21.36	3.02 i	1.65	5.38

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)
 Tabla 11.19.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento y sus correspondientes valores mínimos y máximos, obtenidos en las cartulinas de papel hidrosensible con las cuatro máquinas trabajando a 0.6 Mpa.

Las tablas 11.20 y 11.21 ofrecen, estadísticamente comparados, los valores de los porcentajes de recubrimiento medios obtenidos en el conjunto de las 72 cartulinas de papel hidrosensible puestas en todas las plantas, para cada una de las presiones de trabajo de las cuatro máquinas utilizadas en el ensayo.

CARTULINAS COLOCADAS EN EL EXTERIOR DE LAS PLANTAS			
SISTEMA DE APLICACIÓN	PRESIÓN DE PULVERIZACIÓN		
	0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa
PULVERIZADOR	4.47 a	6.98 ab	8.78 ab
ATOMIZADOR	6.93 ab	11.23 bc	13.90 c
NEBULIZADOR	11.06 bc	15.63 c	25,93 d
PROTOTIPO	15.43 c	22,96 d	29.60 e

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)

Tabla 11.20.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento obtenidos en el conjunto de las cartulinas de papel hidrosensible colocadas en el haz de las hojas, con las cuatro máquinas a las diferentes presiones de trabajo utilizadas en el ensayo.

CARTULINAS COLOCADAS EN EL EXTERIOR DE LAS PLANTAS			
SISTEMA DE APLICACIÓN	PRESIÓN DE PULVERIZACIÓN		
	0.1 Mpa	0.3 Mpa	0.6 Mpa
PULVERIZADOR	0.90 a	1.73 ab	2.04 ab
ATOMIZADOR	2.57 bc	3.16 bcd	3.17 bcd
NEBULIZADOR	4.68 def	6.01 f	9.00 g
PROTOTIPO	3.86 cde	5.16 ef	7.81 g

Valores en columnas seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas al nivel 95% ($p \leq .05$)

Tabla 11.21.- Valores medios de porcentaje de recubrimiento obtenidos en el conjunto de las cartulinas de papel hidrosensible colocadas en el envés de las hojas con las cuatro máquinas a las diferentes presiones de trabajo utilizadas en el ensayo.

Capítulo 12

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

12.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

12.1.- Discusión de los resultados obtenidos en el primer ensayo.

En las distintas presiones ensayadas, se obtuvo una gran dispersión en los porcentajes de superficie de papel hidrosensible cubierta de producto fitosanitario y se observó que, tanto por el haz como por el envés, a medida que se incrementa la presión de trabajo aumenta el porcentaje de recubrimiento conseguido. Ambos aspectos pueden ser explicados por dos razones: la primera que indica, de acuerdo con Travis *et al.* (1987), que puede ser debido a la alta densidad de hojas de las plantas de vid que hacen de pantalla e impiden la normal deposición de las gotas que emiten las boquillas, y de acuerdo con Tu *et al.* (1988), que puede ser debido a la gran variabilidad de orientación, respecto a la dirección de salida de las boquillas de las gotas. La segunda, de acuerdo con Himel (1969), Menzies y Fischer (1979), Rogers y Maki (1986), Salyani (1988), Salyani *et al.* (1987), puede ser debido a que, a mayor presión, el diámetro de la población de gotas producida por las boquillas es más reducido y, por consiguiente, se consigue un mayor recubrimiento de la superficie vegetal de las plantas. Es importante destacar que a 0.6 Mpa el porcentaje de recubrimiento superficial conseguido llega en ocasiones a superar el 79 %, lo cual indica que es posible acercarse al ideal de las aplicaciones fitosanitarias de conseguir formar una película continua y uniforme de producto sobre la superficie vegetal.

También se observa, de acuerdo con los resultados obtenidos por Pielou *et al.* (1962), un mayor porcentaje de recubrimiento del haz que del envés, lo cual es lógico debido a que el impacto de las gotas sobre el envés es mucho más difícil debido a la forma de vegetación de la vid. Es de destacar que, tanto en el envés, como en el haz de las hojas, a medida que aumenta la presión de trabajo de las boquillas mayor es el porcentaje de recubrimiento obtenido, apareciendo en el haz de las hojas, pero no en el envés, diferencias significativas al nivel 95 % entre las tres presiones utilizadas en el ensayo. El hecho de ser el prototipo un pulverizador del tipo de túnel que hace la pulverización sobre las plantas en un habitáculo cerrado, puede también explicar que los porcentajes de recubrimiento sean mayores a medida que aumenta la presión, debido a que, a mayor presión, las gotas que se producen son tan pequeñas que forman una nube que, al no ser arrastrada por el efecto de deriva, se deposita sobre las hojas de vegetal logrando el objetivo buscado.

12.2.- Discusión de los resultados obtenidos en el segundo ensayo.

También en este ensayo, y en los cuatro modelos de máquinas ensayados, se observa que, en las distintas presiones ensayadas, existe una gran dispersión en los porcentajes de superficie cubierta por gotas en el papel hidrosensible, lo cual, como ha sido expuesto en la discusión de los resultados del primer ensayo, coincidiendo con los trabajos de Travis *et al.* (1987) y con los de Tu *et al.* (1988), puede ser debido a la alta densidad de hojas de las plantas de vid y a su variabilidad de orientación respecto a la dirección de salida de las gotas por la tobera de las boquillas.

Se advierte en el segundo ensayo que, en todas las pruebas realizadas, el porcentaje de recubrimiento conseguido en el envés de las hojas es significativamente menor ($p \leq 0.05$) que el conseguido en el haz. Como se ha expuesto en la discusión de los resultados del primer ensayo, esto puede ser explicado, de acuerdo con los resultados obtenidos por Pielou *et al.* (1962), porque, debido a la forma de vegetación de la vid, el impacto de las gotas sobre el envés de las hojas es mucho más difícil que sobre el haz.

También se nota que, excepto cuando se utiliza el pulverizador, a medida que se incrementa la presión de trabajo aumenta el porcentaje de recubrimiento conseguido. Esto, de acuerdo con Menzies y Fischer (1979), Rogers y Maki (1986), Salyani (1988) y Salyani *et al.* (1987), puede ser debido a que, a mayor presión, el diámetro de la población de gotas producida por las boquillas es más reducido y, como por el principio de trabajo de las otras máquinas, las gotas alcanzan la superficie vegetal con más facilidad que las producidas por el pulverizador, se consigue un mayor recubrimiento de la superficie vegetal. La excepción ocurrida con el pulverizador puede ser debida al hecho de que al aumentar la presión disminuye el tamaño de gota y, aunque consecuentemente aumenta su capacidad de recubrimiento, al tener que recorrer las gotas, con sólo la energía de salida de las boquillas, sin fluido auxiliar, la distancia que va desde ellas hasta la superficie vegetal disminuye la superficie cubierta. Es la presión de 0.3 Mpa la que en esta máquina produce un tamaño de gotas más adecuado para que el máximo de ellas impacten sobre el objetivo. A baja presión (0.1 Mpa) las gotas producidas son excesivamente gruesas y, aunque tienen gran energía cinética, no tienen capacidad para cubrir la superficie vegetal y a alta presión (0.6 Mpa), aunque tienen elevada capacidad para cubrir la superficie vegetal, son tan sensibles al viento, a la evaporación y tienen tan baja energía cinética, que, sin fluido auxiliar, no logran alcanzar el objetivo.

Es importante destacar, como logros conseguidos con el prototipo construido, que su rendimiento es de dos líneas de cepas pulverizadas por cada pasada de la máquina. Rendimiento solamente igualado por el nebulizador, ya que, tanto el pulverizador como el atomizador, tienen un rendimiento equivalente de sólo una línea de cepas pulverizada por cada pasada. También es importante destacar que a 0.6 Mpa de presión de trabajo, el máximo porcentaje de recubrimiento superficial conseguido corresponde al prototipo, el cual llega en ocasiones a superar el 79 % de recubrimiento, valor nunca alcanzado por las demás máquinas ensayadas. Esto indica que es el prototipo la máquina que más se acerca al ideal de las aplicaciones fitosanitarias, es decir, conseguir formar una película continua de producto sobre la superficie vegetal. El hecho de que en el prototipo las barras de pulverización tengan forma de túnel cerrado, dentro del cual se hace la pulverización, puede explicar que los porcentajes de recubrimiento sean mayores que los obtenidos con las otras máquinas y que, a medida que aumenta la presión, debido a que las gotas que producen las boquillas son más pequeñas, se forma una nube de finas gotas que, al no ser arrastradas por el efecto de deriva y evaporarse mínimamente, se depositan sobre las hojas de vegetal alcanzando su objetivo. Como además la distancia recorrida por las gotas desde las boquillas hasta la superficie vegetal es muy reducida, su propia energía cinética es suficiente para que alcancen, sin necesidad de fluido auxiliar, la superficie vegetal.

Se observa que, en todos los casos, el prototipo es la máquina con la que se consigue la mayor calidad de la pulverización, siendo el pulverizador la que produce peor calidad de aplicación.

De los distintos modelos comerciales utilizados en el ensayo, es el nebulizador la máquina que más calidad consigue en la deposición de gotas sobre las hojas de vid. Esto es lógico que ocurra ya que el nebulizador ensayado, al igual que el prototipo construido, es una máquina expresamente fabricada para la protección fitosanitaria del cultivo de la vid en espaldera.

También se aprecia la importancia que tiene el fluido auxiliar para transportar la población de gotas producidas por las boquillas desde su salida de ellas hasta la superficie vegetal. Tanto el pulverizador, como el atomizador, son la misma máquina, pero, en la primera, se desconectaba el ventilador que produce el aire para transporte hasta la superficie vegetal de la población de gotas. Ha ocurrido que, en las tres presiones ensayadas, tanto por el haz, como por el envés, los porcentajes de recubrimiento logrados con el atomizador son muy superiores a los conseguidos por el pulverizador. El hecho de que con el prototipo, sin fluido auxiliar, se logre la máxima

calidad de recubrimiento, puede explicarse por la ausencia de deriva, por la reducida evaporación y porque la distancia que deben recorrer las gotas hasta llegar a la superficie vegetal es muy reducida, lo que, evidentemente, no ocurre ni en el pulverizador, ni en el atomizador.

12.3.- Discusión de los resultados obtenidos en el tercer ensayo.

El porcentaje de recubrimiento en el envés y en el haz de las hojas aumenta en todos los sistemas cuando la presión de pulverización aumenta.

En los cuatro principios de aplicación ensayados es mucho más alto el porcentaje de recubrimiento conseguido en el haz que en el envés de las hojas, tanto en las situadas en el exterior como en las situadas en la parte interior de las plantas.

En las cartulinas de papel hidrosensible colocadas en la parte exterior de las plantas tanto sobre el haz como sobre el envés de las hojas, los valores de los porcentajes de recubrimiento conseguidos en las tres presiones de trabajo usadas en los ensayos, para los cuatro sistemas de aplicación, las diferencias estadísticamente significativas al nivel 95 % son evidentes. En cambio en las cartulinas de papel hidrosensible colocadas en la parte interior de las plantas tanto sobre el haz como sobre el envés de las hojas, aunque el porcentaje de recubrimiento conseguido aumenta con la presión de trabajo, estadísticamente las diferencias significativas al nivel 95 % no son tan evidentes. En todos los casos el porcentaje de recubrimiento producido por el pulverizador es menor que el producido por el atomizador, el de éste es menor que el producido por el nebulizador y el más alto porcentaje de recubrimiento lo produce el prototipo de pulverizador de tipo túnel, excepto en las cartulinas de papel hidrosensible colocadas en el envés de las hojas situadas en el ensayo correspondiente al nebulizador. En ellas se aprecia con claridad la influencia del arrastre de la población de gotas que produce el ventilador, lo cual permite una mejor penetración de la población de gotas hasta los lugares más inaccesibles para las otras máquinas.

La gran dispersión de valores de porcentaje de recubrimiento de la superficie de las cartulinas hidrosensibles obtenidos en las tres diferentes presiones de trabajo ensayadas y con los cuatro sistemas de aplicación empleados, tanto en las cartulinas colocadas en el haz como en el envés de las hojas y tanto en las colocadas en la parte exterior de las plantas, como en las colocadas en su parte interior, puede ser debido a la gran densidad de hojas de las plantas de vid y la alta variabilidad de su orientación con respecto a la trayectoria de las gotas que producen las boquillas.

En todos los ensayos el porcentaje de recubrimiento obtenido cuando las cartulinas de papel hidrosensible se colocan en el exterior de las plantas es muy superior al obtenido en las cartulinas que se colocan cerca del tronco de las plantas. Esto se debe a que la alta densidad de hojas de la vid impide la penetración hacia el interior de la masa foliar de las gotas producidas por las boquillas, incluso cuando son arrastradas por corrientes de aire. El incremento que se observa en el porcentaje de recubrimiento de la superficie de las cartulinas de papel hidrosensible a medida que aumenta la presión de pulverización, puede explicarse gracias a que, a mayor presión, las gotas producidas son más pequeñas y, aunque tienen menor energía cinética, su poder de recubrimiento es mayor.

Tanto el prototipo de pulverizador de tipo túnel como el nebulizador, además de conseguir los mejores porcentajes de recubrimiento, pulverizan simultáneamente dos líneas de cepas, en cambio, el pulverizador y el atomizador tienen un rendimiento equivalente por el que sólo pulverizan una línea de cepas por pasada. Es importante señalar que la potencia motriz que necesita el prototipo de pulverizador de tipo túnel es mucho más reducida que la que necesita el nebulizador, debido a que el primero no lleva ventilador.

En todas las presiones de trabajo utilizadas en el ensayo, el máximo porcentaje de superficie cubierta en las cartulinas de papel hidrosensible se consigue con el prototipo de pulverizador de tipo túnel en el haz de las hojas situadas en el exterior de las plantas. Esto puede ser debido al hecho de que la pulverización hace en el interior de dos túneles cerrados en los que no se produce ni deriva ni evaporación. Esto se ve mejorado cuando la presión de pulverización aumenta, ya que al aumentar la presión las boquillas producen gotas de tamaño más reducido, las cuales, como ha sido demostrado, para un mismo volumen de líquido fitosanitario aplicado por ha de cultivo, tienen mayor capacidad de formar la barrera uniforme y continua deseable sobre todo cuando se aplican fungicidas. Sin embargo, en el interior de las plantas el máximo porcentaje de recubrimiento obtenido en la superficie de las cartulinas hidrosensibles se logra con el nebulizador. Esto puede explicarse debido al arrastre de la población de gotas que produce el potente ventilador de la máquina, el cual reduce el problema de falta de energía cinética de las gotas de pequeño diámetro y hace que lleguen mejor al interior de las plantas.

El hecho de que, para las tres presiones ensayadas, el prototipo de pulverizador de tipo túnel y el nebulizador sean las máquinas que mejores resultados producen,

puede ser debido a que ambas son máquinas que han sido especialmente diseñadas y fabricadas para la protección de viñedo cultivado en espaldera, lo que no ocurre con el pulverizador ni con el atomizador.

Capítulo 13

CONCLUSIONES

13.- CONCLUSIONES.

13.1.- Conclusiones obtenidas de los ensayos.

De los resultados obtenidos en los tres ensayos, se obtienen las siguientes conclusiones:

La digitalización de las cartulinas de papel hidrosensible, junto con el programa de vision artificial desarrollado, constituye un sistema rápido, económico, sencillo y práctico que puede ser utilizado, con alta precisión, para cuantificar el porcentaje de recubrimiento que se obtiene cuando se aplican pulverizaciones sobre las cartulinas de papel hidrosensible, para comparar distintos tipos de pulverizadores, para reducir la cantidad de producto fitosanitario usado en viñedos cultivados en espaldera, para reducir la contaminación ambiental, para mejorar la eficiencia de las pulverizaciones y para producir datos que permitan mejorar la tecnología de las máquinas existentes y la de las nuevas.

La precisión del sistema de control desarrollado es muy elevada debido a que las imágenes se digitalizan con 640×480 píxeles.

El programa en Turbo-basic puesto a punto para este trabajo puede, con ligeras modificaciones, ser utilizado como un medidor de área foliar.

Los resultados obtenidos indican diferencias significativas entre las tres presiones ensayadas, pudiendo afirmarse que, a medida que aumenta la presión de trabajo (menor tamaño de gotas) mayor es el porcentaje de superficie vegetal cubierta. Esto ocurre tanto en el haz, como en el envés de las hojas. Estos resultados coinciden con los de otros autores en otros cultivos (Frear y Asquith, 1963, Large y Taylor, 1953; Chiba, M., 1974; Cooke *et al.*, 1976; Carlton *et al.*, 1981; Porras, 1992; Soriano *et al.*, 1994; Soriano, 1997; Porras *et al.*, 1996 y 2001).

El prototipo construido permite alcanzar mayores porcentajes de recubrimiento en las plantas de vid cultivada en espaldera que las máquinas comerciales ensayadas, incluso cuando en los cuatro tipos de máquinas se utiliza el mismo número, tipo y modelo de boquillas. Esto indica que el hecho de pulverizar las plantas en un habitáculo cerrado mejora la calidad de las aplicaciones y, aunque no llega a lograr el ideal de un tratamiento fitosanitario, es decir la formación de una película uniforme y continua de

producto fitosanitario sobre la superficie vegetal, a la máxima presión ensayada se consigue un porcentaje medio de recubrimiento que supera el 54 %, llegando incluso, en algunos casos, a superar hasta el 79 %.

13.2.- Conclusiones finales.

Los objetivos de esta tesis doctoral se han visto alcanzados ya que, el prototipo construido permite, además de reducir la contaminación ambiental, mejorar la calidad de las aplicaciones, lo que previsiblemente incrementará la eficacia de los productos fitosanitarios y reducirá la utilización de productos fitosanitarios.

El prototipo de pulverizador de tipo túnel construido es, mecánicamente una máquina sencilla, robusta y sin problemas de funcionamiento. En su diseño y construcción se ha utilizado la elevada experiencia existente en todo el mundo en la construcción de máquinas de aplicación de productos fitosanitarios.

El sistema de cuantificación del porcentaje de recubrimiento logrado tras la pulverización constituye una técnica económica, rápida, sencilla y precisa, que permite actuar sobre las características de la pulverización de las máquinas para mejorar la calidad de sus aplicaciones.

En cuanto al objetivo propuesto de lograr la formación sobre la superficie vegetal de una barrera continua y uniforme de producto fitosanitario, aunque no se ha logrado, permite acercarse notablemente a él, ya que haber logrado en ocasiones, con tan sólo presiones de 0.6 Mpa y sin fluido auxiliar, porcentajes de recubrimiento que en ocasiones superan el 79 %, abren unas perspectivas que invitan a seguir perfeccionando el modelo de pulverizador desarrollado.

Capítulo 14

AGRADECIMIENTOS

14.- AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar constancia escrita de mi agradecimiento a mis directores de tesis, los profesores D. Francisco Montes Tubío y D. Andrés Porras Piedra. Cuanto han hecho por mi sólo Dios, ellos y yo lo sabemos. A D. Francisco quiero agradecerle, además de sus enseñanzas profesionales, la humanidad que me ha regalado. A D. Andrés, estoy seguro que D. Francisco lo entiende, le debo aún más. Igual que D. Francisco, me ha enseñado a hacer una tesis, pero, además me ha enseñado todo lo que sé en la vida. Es mi padre, al que quiero como hijo y admiro como ingeniero.

También, como hijo y como alumno que soy de la profesora D^a María Luisa Soriano Martín, quiero agradecer la ayuda y el cariño que he recibido de ella al hacer esta tesis. Quién sino una madre puede regalar todo lo que ella me ha dado para poder presentar esta tesis. No sería un buen hijo si no le dijese cuanto le agradezco sus enseñanzas, sus donaciones y el enorme cariño con el que al, hacer esta tesis, como siempre, me ha tratado.

Pero no sólo D. Francisco, D. Andrés y D^a Maria Luisa me han ayudado a hacer esta tesis. El profesor D. José María Abenza Corral y el profesor D. Ignacio Marcilla Goldaracena han trabajado conmigo como si de su tesis se tratase, enseñándome el verdadero significado de altruismo. Mi hermana Marisa con su arte ha iluminado esta tesis y D. Victoriano Corral que me ha hecho sentir viticultor en sus viñedos.

Quiero cerrar este apartado agradeciendo a D. Luis del Pino (q.p.d) y a la firma Domecq, en particular, a D. Beltran Domecq y a D. José Antonio Souto, la confianza que, cuando, los que hemos trabajado haciendo esta tesis, les explicamos nuestras ideas sobre la protección fitosanitaria del viñedo cultivado en espaldera, no dudaron en concedernos la subvención que necesitábamos.

Andrés Porras Soriano

Capítulo 15

BIBLIOGRAFÍA CITADA

15.- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

AEPLA (2004). Memoria (2004). AEPLA.

AIST, J.R. (1981).- Development of parasitic conidial fungi in plants. *In: Biology of conidial fungi*. Vol. II. Ed. Academic Press.

AMBORABÉ, B.E., OCTAVE, S., ROBLIN, G. (2005). Influence of temperature and nutritional requirements for mycelial growth of *Eutypa lata*, a vineyard pathogenic fungus. *Comptes Rendus - Biologies* 328 (3): 263-270

ARIAS GIRALDA, A. (1996). Bioecología y manejo integrado de la “araña roja”, *Tetranychus urticae* Koch., en España. *Phytoma-España* 83: 88-95.

ARIAS GIRALDA, A. (1998 a). Araña amarilla común (*Tetranychus urticae* Koch.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 113-120.

ARIAS GIRALDA, A. (1998 b). Eutipiosis (*Eutypa lata* Pers.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 193-199.

ARIAS GIRALDA, A. (1998 c). Yesca o aplopejia parasitaria. En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 197-199.

ARIAS, A.; NIETO, J. (1983). Estimación de las pérdidas producidas por la “araña amarilla común” (*Tetranychus urticae* Koch) en Tierra de Barros (Badajoz) y propuesta de un umbral de tolerancia económica. *Boletín del servicio de Plagas* 9:227-252.

BAILLOD, M.; ANTONIN, PH.; MITTAZ, CH. (1989). Migrations, estimation des populations et nuisibilité de l' acarien jeune commun *Tetranychus urticae* Koch dans la viticulture valaisanne. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture et Horticulture* 21 (3): 179-183.

BAILLOD, M.; GUIGNARD, E. (1986). Nouveaux degats de l'acariose bronzée et du court-noué parasitaire dus a *Calepitrimerus vitis* (Nalepa) (Acari, Eryophidae) en 1984 et 1985. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture et Horticulture* 18 (5): 285-288.

BAKER, C.J.; BATEMAN, D.F. (1978).- Cutin degradation by plant pathogenic fungi. *Phytopathology* 68: 1577-1584.

BAKER K.E.; MATKIN, O.A.; DAVIS, L.H. (1954).- Interaction of salinity injury, leaf age, fungicide application, climate, and *Botrytis cinerea* in a disease complex of common stock. *Phytopathology* 44: 39-42.

- BARBERÁ, C. (1989). Pesticidas agrícola. Editorial Omega
- BARELLES, F. (1999). Productos fitosanitarios: formulación. El campo: 88-91.
- BARNETT, H.L.; HUNTER, B.B. (1972).- Illustrate genera of imperfect fungi. Ed. Burgess.
- BATEMAN, D.F.; BASHAM, H. (1976).- Degradation of plant cell walls and membranes by microbial enzymes. *In: Physiological Plant Pathology*. Ed. Springer-Verlag.
- BELTRAMI, P.; CAPRI, E. (1999). Alcune reflexioni sulla sostenibilitá ambientale dei trattamenti cuprici in vigneti del Nord Italia. *Informatore Fitopatologico* 49: 41-43.
- BENNET, S.H.; FURMIDGE, C.G.L.(1956). Impression methods for the study of the distribution of deposits and organisms on plant surfaces. *Nature* 178: 152-153.
- BENUZZI, M.; BALDONI, G. (2000). AQ10, nuovo biofungicida a base di *Ampelomyces quisqualis* contro l'oidio della vite. *Informatore fitopatologico* 5: 33-36.
- BISIACH, M.; MINERVINI, G.; ZERBETTO, F. (1986). Possible integrated control of grapevine sour rot. *Vitis* 25: 118-128.
- BLINN, R.C.; LOWELL, J.B.(1965). A technique for observing the spray pattern of Malathion and other organic phosphate insecticides using spray deposit assesment cards. *Journal of Econ. Entomol.* 58 : 1159-1160.
- BOURDIN, J. (1983). Evolution des produits phytosanitaires et des techniques d'application. *Phytoma-Defense des Cultures* 353: 6-11.
- BOURNAS, L.; GOFFRE, P.; THOUROUDE, D. (1981 a). Le material d'application des produits phytosanitaires. *Phytoma-Defense des Cultures* 326: 39-44.
- BOURNAS, L.; GOFFRE, P.; THOUROUDE, D. (1981 b). Le material d'application des produits phytosanitaires (2). *Phytoma-Defense des Cultures* 327: 27-32.
- BOURNIER, A. (1977). Grape insects. *Annual Review of Entomology* 22:355-376
- BOVEY P., (1966). Superfamille des Tortricidea. In Balachowsky A.S. (ed.), *Entomologie Appliquée à l'Agriculture*, 2 (1), Masson et Cie., Paris, pp. 859-887.
- BRADBURY, J.F. (1991) *Xylophilus ampelinus*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. No. 1050. CAB International, Wallingford, UK.
- BRITAIN, R.W., BRAZLE, R.D; CARLETON, W.M.. (1965). Evaluating density and spraying efficiency. *Transactions of the ASAE* 5: 319.
- BUGARET, Y.; TOMBU, B.; VERGNET, C. (2002). Lutte chimique contre la necrose bacterienne de la vigne. *Phytoma-La defense des vegetaux* 548: 34-40.
- BURR, T.J.; KATZ, B.H. (1984). Grapevine cuttings as potential sites of survival and means of dissemination of *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Disease*. 68: 976-978.

- BURR, T.J.; OTTEN (1999). Crown gall of grape: Biology and disease management. *Ann. Rev. Phytopathol.* 37:53-80.
- BYASS, J.B. (1969). Equipments and methods for orchard spray application research III: The measurement of spray deposits on leaves using light from fluorochromus on the surface. *J. Agric. Engng. Res.* 14: 78-88
- CABEZUELO PEREZ, P. (1998). Filoxera (*Viteus vitifolii* Fitch). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 66-67.
- CABEZUELO PEREZ, P. (1998). Piral (*Sparganothis pilleriana* Schiff). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 45-49.
- CABEZUELO, P.; RODRÍGUEZ, M. (1996). La Piral de la vid (*Sparganothis pilleriana* Schiff). *Epidemiología y control natural. Phytoma-España* 83: 72-76.
- CANDELON, P. (1983). Les machines agricoles: matériel de mise en place et d'entretien des cultures. Lavoisier: Technique & Documentation. ISBN 2-85206-187-2.
- CARLTON, J.B. (1967). Continuous recording of water spray spot images across the sprayed swath on 35-mm film. *J. of Econ. Entomol.* 60: 744-748.
- CARLTON, J.B.; BOUSE, L.F.; O'NEAL, H.P.; WALLA, W.J. (1981). Measuring spray coverage on soybean leaves. *Transactions of the ASAE* 24: 1108-1110.
- CARLTON, J.B.; BOUSE, L.F.; WITZ, J.A.; O'NEAL, H.P. (1985). Automating aerial spray deposit analysis *Transactions of the ASAE* 28: 1401-1405.
- CARLTON J.B., BOUSE, L.F. (1987). Characterizing spray deposit on film by light transmission. *Transactions of the ASAE* 30: 277-280.
- CARMAN, C.G.; JEPSON, L.R. (1978). Low volume applications to citrus tree: method for evaluation of spray droplet distributions. *J. Econ. Entomol.* 67: 397-402.
- CASTILLO LÓPEZ, R. (1998). Erinosis (*Eriophyes vitis* Pgst.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 134-140.
- CASTILLO-PANDO, M.S.; NAIR, N.G.; EMMETT, R.W.; WICKS, T.J. (1997). Inhibition in pycnidial viability of *Phomopsis viticola* on canes in situ as an aid to reducing inoculum potential of cane and leaf blight disease of grapevines. *Australasian Plant Pathology* 26 (1): 21-25.
- CAUSSE R., BARTHES J., MARCELIN H., VIDAL G. (1984). Localisation et mortalité hivernale des chenilles de l'Eudémis de la Vigne, *Lobesia botrana* Schiff. *Vignes Vins*, 326: 8-15.

- CHAPUIS, L., RICHARD, L., DUBOS, B. (1998). Variation in susceptibility of grapevine pruning wound to infection by *Eutypa lata* in south-western France. *Plant Pathology* 47 (4): 463-472.
- CHIBA, M. (1974). Distribution of spray deposit in peach trees and number of leaves that constitute an adequate sample. *J. Econ. Entomol.* 67: 529-534.
- CLARKE, K., SERGEEVA, V., EMMETT, R.W., NAIR, N.G. (2004). Survival of *Phomopsis viticola* in grapevine cuttings after hot water treatment. *Australasian Plant Pathology* 33 (2): 317-319
- CLERJEAU, M.; BLANCARD, D.; LAUNES, S.; JAILLOUX, F. (1998). Facteurs influençant les attaques d'oidium sur grappes. *Phytoma-La defense des vegetaux* 507: 28-31.
- COOKE, B.K.; HERRINGTON, R.J.; JONES, K.G; MORGAN, N.G. (1976). Spray deposit cover fungicide distribution obtained by low and ultra-low volume spraying of intensive apple trees. *Pest. Sci.* 7: 35-40.
- COSCOLLÁ R., (1998). Polillas del racimo (*Lobesia botrana* Den. y Schiff.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA-Mundi Prensa, Madrid, pp. 29-41.
- COSCOLLÁ, R.; GAMÓN, M. (2001). Problemática de residuos en productos vegetales españoles. *Phytoma España* 129: 46-50.
- CUCUZZA, J.D.; SALL, M.A. (1982). *Phomopsis* cane and leaf spot disease of grapevine: Effects of chemical treatment on inoculum level, disease severity and yield. *Plant Disease* 66: 794-797.
- DALLA MARTA, A., MAGAREY, R.D., ORLANDINI, S. (2005). Modelling leaf wetness duration and downy mildew simulation on grapevine in Italy. *Agricultural and Forest Meteorology* 132 (1-2): 84-95.
- DAVIS, J.M.; ELLIOT, K.R. (1953). A rapid method for estimating aerial spray deposits. *J. of Econ Entomology.* 46: 696-698.
- DELIERE, L.; CARTOLARO, P.; SAURIS, P.; COUET, I. (2002). Infestacion artificielle de la vigne par l'oidium. *Phytoma-La defense des vegetaux* 549: 9-12.
- DEROT, P.; JEAN, F., GIVELET, M., MOREL, M. (1982). Conception generale d'un pulverisateur a jet projeté. *Phytoma-Defense des Cultures* 339: 39-41.
- DEROT, P.; VILLEROY, P. (1982). Qualité des bouillies pour la pulverization. *Phytoma-Defense des Cultures* 342: 50-57.
- DICKINSON, C.H., LUCAS, J.A. (1987).- Patología vegetal y patógenos de plantas. Ed. Limusa.

- DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F. (1993). Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 821 págs
- DOWNIE, D., GRANETT, J. (1998). A life cycle variation in grape phylloxera *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch). *Southwestern Entomologist*. 23:11-16.
- DUBOS, B.; ROUDET, J.; DUMARTIN, P. (1985). Notes sur l'eutipiosis et l'esca de la vigne. *Vititechnique* 91.
- DUDDRIDGE, J.A.; SARGENT, J.A. (1978).- A cytochemical study of lipolytic activity in *Bremia lactucae* Regel during germination of the conidium and penetration of the host. *Physiol. Plant Pathol.* 12: 289-296.
- DUNCAGE, M. (1983). La réduction du volumen de bouillie. *Phytoma-Defense Des Cultures* 327: 27-32.
- EMMETT, R.W.; PARRERY, D.G.(1975).- Appresoria. *Ann. Rev. Phytopathol.* 13: 147-167.
- ERINCIK O.; MADDEN, L. V.; FERREE, D. C.; ELLIS, M. A. Temperature and wetness-duration requirements for grape leaf and cane infection by *Phomopsis viticola*. *Plant disease* 89: 832-840.
- EVANGELISTI, F.; MANDRIOLI, P.; MEGRINI, M.C. (1985). Il personal computer nella lotta guidata. *Informatore Fitopatologico* 7-8: 23-26.
- FARETRA, F.; POLLASTRO, S. (2001). Muffa grigia e altri marciumi dell'uva. *Informatore fitopatologico* 6:12-14.
- FERMAUD M.; LE MENN R. (1989). Association of *Botrytis cinerea* with grape berry moth larvae. *Phytopatology*, 79: 651-656
- FERMAUD, M.; PIERI, P.; LIMIÑANA, J.M. (2001). Botrytis et microclimat. *Phytoma- La defense des vegetaux* 543: 40-43.
- FRANGI, A.; GIVELET, M. (1984). Techniques d'application des rampes de grands largeur. *Phytoma-Defense des Cultures* 354: 44-46.
- FREAR, D.E.H.; ASQUITH, D. (1963). Spray deposits on apple trees following applications by three types of sprayers. *J. Econ. Entomol.* 56: 399-401.
- GADOURY, D.M.; SEEM, R.C.; WILCOX, W.F.; CONTERNO, L.; HENICK-KLING, T. (2002). Effecto dell'infezione oidica sulla qualità del mosto e del vino. *Informatore fitopatologico* 4: 28-32.
- GALET, P. (1982). Les maladies et les parasites de la vigne. Tome I y II. Imprimerie du Paysan du Midi. Montpellier.
- GARCÍA-TORRES, L.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. (1989). Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ediciones Mundi-Prensa.

- GILES, D.K.; LAW, S.E. (1985). Space charge deposition of pesticide sprays onto cylindrical target arrays Transactions of the ASAE 28 (3): 658-644.
- GIVELET, M. (1982). Les systemes de regulation du pulverisateur a jet projeté. Phytoma-Defense des Cultures 340: 33-35.
- GOIDANICH, G. (1964). Manuale di patologia vegetale. Edizione agricola. Bologna, Italia.
- GRASSO, S.; MOLLER, W.J.; REFATTI, E.; MAGNANO DI SAN LIO, G.; GRANATA, G. (1979). The bacterium. *Xanthomonas ampelina* as causal agent of a grape decline in Sicily. Rivista di Patologia Vegetale Series IV 15, 91-106.
- GULLINO, M.L.; GULLINO, G.; MORANDO, A. (1980). Effetti positivi e negativi dell'uso dei derivati rameici come antiperonosporici su vite. La difesa delle piante 3: 179-188.
- GUNKEL, W.W.; MULLIGAN, C.W. (1953).-Leaf punch for foliage samples .Farm Research, New York State Agricultural Experiment Station, Quaterly publications, Geneva, N.Y.
- GUYER, D.E.; MILES, G.E. (1985). Potential for computer vision as a spray controller. Agri-Mation 1: 156-164.
- HEBBLETHWAIT, P. (1956); A colorimetric method for measuring dosage distribution in potato spraying. Plant. Path. 5: 26-28.
- HIMEL, C. (1969). The fluorescent particle spray droplet tracer method. Journal of Econ. Entomol. 62: 912-916.
- HURTIG, M.; MANN, S.L.W.; HOPEWELL, W.W.; GRAVELLS, R. (1956).- A new technique for sampling and assessing aerial spray deposits. **CAN. JOUR. AGR. SC. 36**: 81-94.
- JASPERS, M.V. (2001). Sensitivity of *Phaeoconiella chlamydospora* to fungicides in vitro. New Zealand Plant Protection 54:225-228
- JOHN, S., WICKS, T.J., HUNT, J.S., LORIMER, M.F., OAKLEY, H., SCOTT, E.S. (2005). Protection of grapevine pruning wounds from infection by *Eutypa lata* using *Trichoderma harzianum* and *Fusarium lateritium*. Australasian Plant Pathology 34 (4), pp. 569-575
- JOHNSTONE, D.R.; HUNTINGTON, K.A. (1970). A comparison of visual microscopics methods of spray droplet size using eyepieces employing the image shearing principle and the globe and circle eyepiece graticule. J. Agric. Engng. Res. 15: 1-10.

- JOHNSTONE, D.R. (1977).- A twin tracer technique permitting the simultaneous evaluation of the field performance of two spraying machines or spraying techniques. J. Agric. Engng. Res. 22: 439-443.
- KRANZLER, G.A.; DEVOE, D.R.; DOWN, H.N.; STONE, M.L. (1985). Computer vision for evaluation of agricultural chemical application. Agri-Mation 1: 136-141.
- LAFON, J.; VERDUM, D.; BULIT, J. (1977). Nouvelles perspectives de lutte contre le Mildiou de la vigne avec un fongicide systemique, l'ethylphosphite d'aluminium. Phytiatricie-Phytopharmacie 26: 14-40.
- LAFON, R. (1989). Panorama des matieres actives anti-mildiou. Viti 106 (1).
- LAKE, J.R.; DIX, A.J. (1985). Measurement of droplet size with a PMS optical array probe using an X-Y nozzle transporter. Crop Protection 4: 464-472
- LARGE, E.C.; TAYLOR, G.G. (1953). The distribution of spray deposits in low volume potato spraying. Plant. Pathology 2: 93-98
- LARIGNON, P. ; DUBOS, B. (1999). Preliminary studies on the biology of *Phaeoacremonium*. Phytopathologia Mediterranea 39 (1): 184-189.
- LEPPERT, B. (1985). Les appareils de traitements. Vititechnique 85: 27-29.
- LILJEDAHL, L.A.; STRAIT, J. (1959). Spray deposits measured rapidly. Agricultural Engineering 40: 332-335.
- LIÑÁN DE, C. (2005). Vademécum de productos fitosanitarios. Ediciones Agrotecnica.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, M.M. (1998). Necrosis bacterian (*Xilophylus ampelinus* Panag.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 210-214.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, M.M. (1998). Tuberculosis de la vid (*Agrobacterium tumefaciens* Smith y Townsend Conn). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 215-217.
- LUCAS ESPADAS, A. (1996). Podredumbre del racimo (Podredumbre gris, ácida y otras podredumbres fúngicas). Phytoma España 83: 104-110.
- LUTTRELL, E.S.(1963).- Taxonomy criteria in *Helminthosporium*. Mycologia 55: 643-674.
- MAKSYMUK, B. (1964). A rapid method for estimating the atomization of oil-base aerial sprays. J. Econ. Entomol. 57: 16-19.
- MARQUEZ, L. (1985). Maquinaria para la protección de cultivos; Campo y Tecnología 27-15.

- MENZIES, D.R.; FISHER, R.W. (1979). The effect of droplet volume median diameter and application rate per hectare on coverage uniformity in apple trees. *Canadian Agric. Engineering*. 21: 15-18.
- MONCHIERO, M.; MINUTO, A.; MEZZALAMA, M. 1995. Prove di lotta al mal bianco della vite con l'impiego di mezzi chimici e biologici. *Atti Giornati fitopatologiche 1995*, 3, 149-156.
- MOREL, M. (1982). Nouvelles méthodes d'application des produits phytosanitaires. *Phytoma-Defense des Cultures* 343: 60-65.
- MOREL, H. (1984). Buses et pulverisation. *Phytoma-Defense des Cultures* 356: 42-52.
- MORENO, Y.M.; PAVEZ, J.; (2000). Light environment and canopy assessment parameters within table grape vineyards trained to the overhead trellis in the south-central region of Chile. *Acta Horticulturae* 514:171-178.
- MUGNAI, L.; GRANITI, A; SURICO, G. (1999). Esca (Black measles) and brown wood-treaking : two old and elusive diseases of grapevines. *Plant Disease* 83: 288-301.
- MUSSILLAMI, S. (1986). Les traitements par pulverization et les pulverisateurs en agriculture. CEMAGREF. ISBN 2-85362-051-4.
- ORTÍZ CAÑAVATE, J. (1988). Las máquinas agrícolas y su aplicación. Editorial Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-215-5.
- PALOTTA, U.; PIVA, A.; RAGAINI, A.; ARFELLI, G. (1995). Influenza di *Botrytis cinerea* sulla composizione di uve cv. Trebbiano r., Albana e Sangiovese. *Revista di Viticoltura ed Enologia* 3: 27-36.
- PANAGOPOULOS, C.G. (1987) Recent research progress on *Xanthomonas ampelina*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 17, 225-230.
- PÉREZ DE OBANOS, J.J. (1996). Desarrollo y control del "oidio" (*Uncinula necator*) en distintas variedades de vid. *Phytoma España* 83: 129-136.
- PÉREZ DE OBANOS, J.J. (1998). Oidio (*Uncinula necator* Burr.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 169-173.
- PÉREZ MARÍN, J.L. 1996. Síntomas, daños y nueva estrategia de control de la acariosis de la vid (*Calepitrimerus vitis* Nal.). *Phytoma-España* 83:96-100.
- PÉREZ MARÍN, J.L. (1998 a). Acariosis (*Calepitrimerus vitis* Nal.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 174-179.

- PÉREZ MARÍN, J.L. (1998 b). Botritis (*Botrytis cinerea* Pers.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 131-133.
- PÉREZ MARÍN, J.L. (1998 c). Excoriosis (*Phomopsis viticola* Sacc.). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 189-192.
- PÉREZ MARÍN, J.L. (1998 d). Mildiu (*Plasmopara viticola* Bert. Y de Toni). En: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. Coedición MAPA - Mundi-Prensa. Madrid. pp.: 131-133.
- PÉREZ MARÍN, J.L. (2000). Hongos que atacan a la madera de la cepa del viñedo español. Vida rural 102.
- PÉREZ MORENO, I. (1997). Bioecología de los ácaros en la vid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- PIELOU, D.P.; WILLIAMS, K; BRINTON, F.E. (1962). Differences in the deposition and persistence on the upper and lower surface of leaves. Nature 195: 256-57.
- PLANAS DE MARTÍ, S. (2004). Eficiencia de los tratamientos Fitosanitarios; Agrohispana.
- PONTIROLI, R.; RIZZOTTI, R.; ZERBETTO, F. (2001). Prove di difesa antiperonosporica in viticoltura biologica. Informatore fitopatologico 10: 62-66.
- PORRAS PIEDRA A; SORIANO MARTÍN M. L. (1986). Máquinas pulverizadoras de tracción mecánica. Principios y características. Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias. Junta de Andalucía. I.S.B.N.: 84-505-4028-3.
- PORRAS PIEDRA A. (1992). Estudio de la distribución de productos fitosanitarios mediante digitalización de imágenes. Simposium Nacional de Agroquímicos. Sevilla.
- PORRAS PIEDRA A; SORIANO MARTÍN M. L; CABRERA DE LA COLINA J; MARCILLA GOLDARACENA I; ABENZA CORRAL J. M. (1996). Cuantificación de daños y enfermedades en hojas mediante digitalización de imágenes. Aplicación al Repilo (*Cycloconium oleaginum*) del olivo (cv. Cornicabra); VIII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología; Septiembre 23-27. Córdoba (España).
- PORRAS PIEDRA, A.; PORRAS SORIANO, A. (2001). Tecnología de la pulverización de productos fitosanitarios; Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba; pp 87-103; I.S.B.N.84-7801-572-B.
- PORRAS PIEDRA A.; SORIANO MARTÍN M.L.; PORRAS SORIANO A. (2001). Field quantification of the quality of distribution of Crop Prot products by computer vision: applications in olive orchards. Olivae 88: 36-39.

- PORRAS-SORIANO, A.; MARCILLA GOLDARACENA, I.; SORIANO MARTÍN, M.L.; PORRAS PIEDRA, A. (2004). Sistema de visión artificial para control de la calidad de las aplicaciones fitosanitarias sobre viña en espaldera. *Viticultura y Enología*: 16-28.
- RATHAIAH, Y. (1976).- Infection of sugarbeet by *Cercospora beticola* in relation to stomatal condition. *Phytopathology* 66: 737-740.
- RAYNER, R.W. (1960). Separate determination of copper fungicide dosage on the upper and lower surfaces of leaves. *Journal of Agric. Engin. Res.* 5: 441-442.
- REMUND, U. (1987). L'acariose de la vigne. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* 19 (1).
- ROEHRICH R., CARLES J.P. (1982). Essai de confusion sexuelle en vignoble contre l'Eudémis de la Vigne, *Lobesia botrana* Schiff. *Colloq. INRA*, 7: 365-371
- ROGERS, R.B.; MAKI, R. (1986). The effect of drop size on spray deposit efficiency. . *Transactions of the ASAE* 86: 1508-1515.
- SALYANI, M; HEDDEN, S.L.; EDWARDS, G.J. (1987). Deposition efficiency of different droplet sizes for citrus spraying. . *Transactions of the ASAE* 30:1595-1599.
- SALYANI, M. (1988). Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. *Transactions of the ASAE* 31: 1680-1684.
- SCHMIDT-TIEDEMANN, A.; LOUIS, F.; ZEBITZ, C. P. W.; ARN, H. (2001) Successful control of *Sparganothis pilleriana* Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption. Conclusions of a three-year study. *Bull IOBC/WPRS Use of Pheromones and other Semiochemicals in Integrated Control*, Hohenheim 1999.
- SHARP, R.B. (1960).- An experimental fluorescent tracer solution. *J. Agric. Engng. Res.* 5: 340-341.
- SIRIEZ, H. (1970). La Pyrale de la vigne. Un ravageur presque oublié. *Phytoma-Defense des cultures*. Febr/Mar.
- SIRIEZ, H. (1978). Un peu d'histoire sur le mildiou de la vigne. *Phytoma- La defense des vegetaux* 302 (11).
- SISTLER, F.E.; SMITH, R.A.; RESTER, D.C. (1982). An image analyzer for aerial application patterns. *Transactions of the ASAE* 25: 885-887.
- SOLIE, J.B.; GERLING, J.F. (1984).- A spray pattern analysis system for pesticide application. *ASAE Paper N° 84-1002*.
- SORIANO MARTÍN M. L; PORRAS PIEDRA A; CABEZUELO PÉREZ P; HOLGADO DE LA TORRE G; RIVAS CASTILLO N. (1987). Sistema de control de

- calidad de aplicación de tratamientos cúpricos en olivo. Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias. Junta de Andalucía. I.S.B.N.: 84-5005-6499-9.
- SORIANO MARTÍN, M.L. (1993) Calidad de aplicación y persistencia de fungicidas cúpricos en olivo (*Olea europaea*) (Tesis doctoral). Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico (Universidad de Santiago de Compostela). I.S.B.N. 84-8121-193-1.
- SORIANO M. L; PORRAS A; CABRERA J; MARCILLA I. (1994). Aplicación de la visión artificial policromática al estudio de la distribución de productos fitosanitarios sobre la superficie vegetal; VII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología; Sitges-Barcelona (España).
- SORIANO, M.L. (1997). Aplicación foliar de productos fitosanitarios En: El cultivo del olivo. Mundi-Prensa. I.S.B.N. 84-7114-819-6.
- SORIANO MARTÍN, M.L.; PORRAS SORIANO, A; PORRAS PIEDRA, A. (2000) Protección fitosanitaria del olivar. Conceptos necesarios para su mecanización. Editorial Agrícola Española. I.S.B.N.: 84-85441-58-3.
- SPEELMAN, L. (1971). A fluorescent tracer technique for determination of the liquid distribution of field crop sprayers. J. Agric.Engng. Res. 16: 301-306.
- STANILAND, L.N. (1959). Fluorescent tracer techniques for the study of spray and dust deposits. J. Agric. Engng. Res. 4: 110-125.
- STANILAND, L.N. (1960). Field tests of spraying equipment by means of fluorescent tracer techniques. J. Agric. Engng. Res. 5: 42-82.
- STOCKEL J., SCHMITZ V., LECHARPENTIER P., ROEHRICH R., TORRES-VILA L.M., NEUMANN U., (1994). La confusion sexuelle chez l'Eudémis *Lobesia botrana* (Lepidoptera Tortricidae). Bilan de 5 années d'expérimentation dans un vignoble bordelais. Agronomie, 14: 71-82.
- STONEHOUSE, J.M. (1990). A camera mount for the photography of spray tracer deposits in the field. J. Agric. Engng. Res. 47: 207-211.
- THOUROUDE, H. (1981). L'électronique un tournant dans l'évolution des matériels d'application phytosanitaire. Phytoma-Defense des Cultures 330: 12-13.
- TRAVIS, J.W.; SKROCH, W.A.; SUTTON, T.B. (1987). Effect of canopy density on pesticide deposition and distribution in apple trees. Plant Disease 71: 613-615.
- TRAVIS, J.W.; SUTTON, T.B.; SKROCH, W.A. (1985). A technique for determining the deposition of heavy metals in pesticides. Phytopathology 75: 783-785.
- TRON MANH SUNG, C. (1989). Les modeles de prevision de mildiou. Viti 131 (4).

- TU, Y.Q.; LIN, Z.M.; ZHANG, J.J. (1988). The effect of leaf shape on deposition of spray droplets in rice. *Crop Protection* 5: 3-7.
- TURNER, C.R.; HUNTINGTON, K.A. (1970). The use of a water sensitive dye for the detection and assessment of small spray droplets. *J. Agric. Engng. Res.* 15: 385-387.
- TUSET, J. J. 1996. Enfermedades micóticas que afectan a los sarmientos y raíces de la vid. *Phytoma-España* 83: 153-158.
- VICCINELLI, R.; BRUNELLIA, R. 1993. Lo svernamento dell'oidio de la vite. *Informatore fitopatologico* 3: 17-22.
- VIENNOT-BOURGIN, M. 1978. La lutte contre le mildiou: une ère nouvelle. *Vignes et vins* 272 (9).
- WATSON, D.G.; WOLFF, R.L. (1985). Air-carrier technique for row crop spraying applications. *Transactions of the ASAE*: 28: 1445-1448.
- WHITNEY, J.D. (1987). Chemical deposition assessment in citrus trees with fluorescent tracers. *Transactions of the ASAE* 81: 1004-1013.
- WHITNEY, R.W.; ROTH, L.O. (1985). String collector for spray pattern analysis. *Transactions of the ASAE* 85-1005-1026.
- YATES, W.E. (1962). Spray pattern analysis and evaluation of deposits from agricultural aircraft. *Transactions of the ASAE* 5: 49-53.
- YATES, W.E.; AKESSON, N.B. (1963). Fluorescent tracers for quantitative microresidue analysis. *Transactions of the ASAE* 6:104-107, 114.

Capítulo 16

**PUBLICACIONES REALIZADAS CON ESTA
TESIS DOCTORAL**

16.- PUBLICACIONES REALIZADAS CON ESTA TESIS DOCTORAL.

16.1.- Publicaciones docentes

- Colección de tres CD-Rom dedicados a la vid y al vino.
- Control químico.
- Protección fitosanitaria de la vid. Conceptos necesarios para su mecanización.

16.2.- Publicaciones en congresos.

- Porrás-Soriano, A.; Porrás-Piedra, A.; Soriano-Martín, M.L.; Marcilla Goldaracena, I.; Abenza Corral, J.M.; González Serrano, F.; 2005; *Ensayo en campo de un prototipo de pulverizador para viña en espaldera*; III Congreso de Agroingeniería; León.

- Soriano-Martín, M.L.; Porrás-Soriano, A.; 2001; *La visión artificial aplicada a la eficiencia de la aplicación de productos químicos en la defensa de las plantas cultivadas*; II Symposium Internacional de Herbicidas; Córdoba.

- Porrás-Piedra, A.; Porrás-Soriano, A.; 2001; *Tecnología de la pulverización de productos químicos sobre las plantas cultivadas*; II Symposium Internacional de Herbicidas; Córdoba.

16.3.- Publicaciones en revistas nacionales

- Porrás-Soriano, A.; Marcilla Goldaracena, I.; Soriano Martín, M.L.; Porrás Piedra, A.; 2004; *Sistema de visión artificial para control de la calidad de las aplicaciones fitosanitarias sobre viña en espaldera*; Viticultura y Enología; 94; 16-28.

16.4.- Publicaciones en revistas I.S.I.

- Porrás-Soriano A.; Porrás-Soriano M.L.; Porrás-Piedra A.; Soriano Martín M.L.; 2005; *Comparison of the pesticide coverage achieved in a trellised vineyard by a prototype tunnel sprayer, a hydraulic sprayer, an air-assisted sprayer and a pneumatic sprayer*; Spanish Journal of Agricultural Research, 3; 175-181.

- Porrás-Soriano A.; Porrás-Piedra A.; Soriano Martín M.L.; 2005; *Quality of fungicide application on trellised grapevine by a sprayer prototype*; Agronomy for Sustainable Development.