

# Ferticit: un programa informático para fertilización en cítricos

Su objetivo, realizar de forma rápida y segura recomendaciones de abonado ajustadas a cada explotación

*La evolución de la agricultura en España, con la introducción de nuevos hábitos y tecnologías, ha tenido una particular singularidad puesto que ha pasado de ser una actividad que reciclaba productos (estiércol, restos de cosechas, etc.) a otra, en algunos aspectos, contaminante (pesticidas, abonos...).*

● **Pedro J. Ferrer Talón.** Ingeniero Agrónomo. Jefe del Servicio de Tecnología de Riego. Comunidad Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Uno de los aspectos ligados a la transformación de los usos agrícolas ha sido la intensificación de los medios de producción y, entre ellos, el consumo de fertilizantes. En las zonas de agricultura intensiva, tanto tradicionales como de nueva creación, la aplicación de cantidades excesivas de fertilizantes ha sido la norma habitual, motivada, sin duda, por una coyuntura comercial favorable, defectos en la formación y capacitación de los agricultores y deficiencias en los sistemas de experimentación y transferencia de tecnología.

Actualmente, los conocimientos sobre las necesidades de los cultivos son más amplios y concretos, estando perfectamente establecida la influencia negativa que el exceso de abonado tiene sobre la calidad de los productos agrícolas y sobre la contaminación, sobre todo de los acuíferos de zonas vulnerables. También son de implantación general nuevas tecnologías, como el riego localizado, que obtienen óptimos resultados mediante un uso eficiente del agua y los fertilizantes, pero que pueden originar trastornos y desequilibrios nutricionales cuando no se utilizan adecuadamente, sobre todo si no se regula bien la dosificación y distribución de los fertilizantes.

La Comunidad Económica, a través de la directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrícola, hace especial hincapié en la reducción de la contaminación mediante la puesta en funcionamiento de programas de actuación coordinados con técnicas agrícolas adecuadas, con la finalidad de eliminar o minimizar los efectos de los nitratos sobre las aguas. Por otro lado, la Comunidad Valenciana ha establecido una normativa para la producción integrada de los cítricos que, entre otros aspectos, establece limitaciones en la dosificación de fertilizantes, que deberán reflejarse en los planes de fertilización de las explotaciones que se acojan a este modo de producción.

Por todo ello, se ha hecho necesario un planteamiento de racionalización de las aportaciones de los fertilizantes a los cultivos, con el fin de evitar los efectos perniciosos que, tanto sobre la calidad de las cosechas y la contaminación del medio ambiente, como sobre la economía de los propios agricultores, producen una dosificación y



Fertirrigación en una plantación de naranjos en la Comunidad Valenciana.

distribución excesiva o inadecuada de fertilizantes.

Consciente del problema, la Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación de la Comunidad Valenciana marcó unas directrices de trabajo encaminadas al empleo racional de los fertilizantes y lucha contra la contaminación de los acuíferos. Partiendo de los conocimientos y experiencias sobre fertilización del Departamento de Citricultura del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), se planteó el desarrollo y elaboración de una herramienta informática que sirviera para facilitar la labor de transferencia de tecnología al sector agrario, en relación a planes de fertilización, y actuara como referencia para la unificación de criterios de abonado.

Dada la importancia que la citricultura tiene en la agricultura valenciana, se decidió comenzar por el abonado de los cítricos. Este primer trabajo de confección de un sistema informático se encomendó a un equipo formado por personal del Servicio de Desarrollo Tecnológico Agrario de la Consellería de Agricultura y del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, coordinado por su Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) y llevado a cabo por Pedro J. Ferrer, Vicent Cebolla y Juan José Molinero, con la colaboración de Ignacio Trenor, Juan Soler, Francisco Legaz y Francisco Illa.

## 1. Objetivos

Como principal objetivo se planteó que el sistema pudiera realizar, de forma rápida y segura, recomendaciones de abonado perfectamente ajustadas a las necesidades específicas de cada plantación, teniendo en cuenta factores tales como edad, variedad, marco de plantación, tamaño del árbol, etc., junto con los valores analíticos de suelo, agua y hojas, cuando los hubiere, así como las características de la instalación de riego localizado, lo que permitiría

orientaciones para un uso más adecuado y eficiente de los fertilizantes.

Una herramienta así facilitaría poder emplear siempre los mismos criterios, dando una homogeneidad a las recomendaciones. No obstante, el sistema debería permitir, y de hecho lo permite, la corrección y la personalización por parte del técnico que lo utiliza.

No debería consistir sólo en programas de cálculo sino que, actuando de manera interactiva, pudiera considerarse como un sistema de ayuda a la decisión en agricultura. Para ello debería permitir realizar con facilidad supuestos y variaciones e, incluso, dentro de ciertos límites, dar orientaciones sobre el coste del abonado.

Sistemas de este tipo presentan numerosas ventajas, entre las que cabe destacar que, gracias a la sistematización de la entrada de datos, se tienen en cuenta en los cálculos y en las recomendaciones todos los aspectos que influyen en la fertilización.

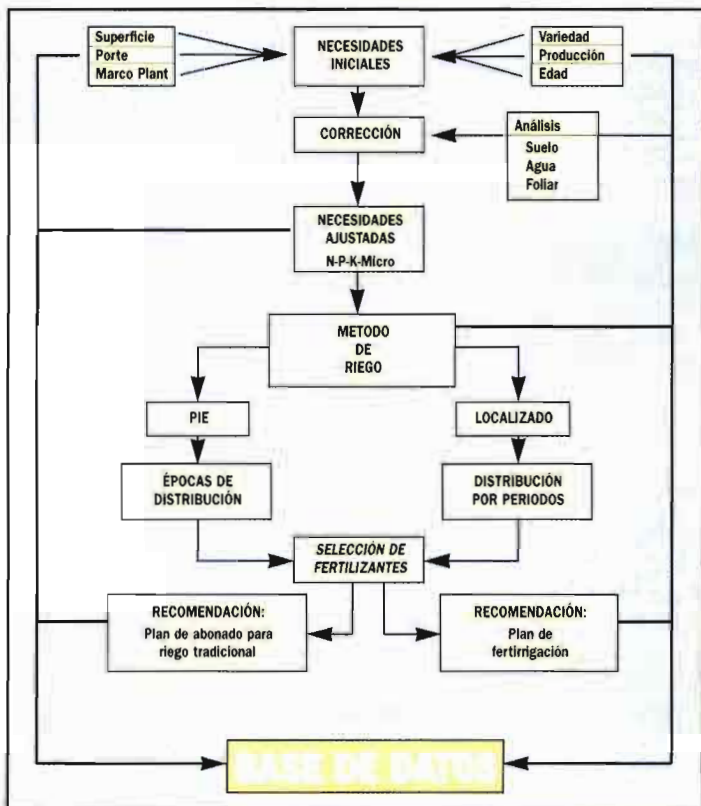
El conseguir una herramienta de fácil y cómodo uso, rápida, versátil, fácilmente amoldable a los casos particulares y rigurosa en el tratamiento fue una de las metas planteadas al iniciar el trabajo, con el fin de permitir su utilización, incluso, por aquellos que "le tienen respeto a los ordenadores".

Los trabajos iniciales comenzaron en 1994. Con posterioridad la Comunidad Valenciana ha establecido una normativa para la producción integrada de cítricos que, entre otros muchos aspectos, establece límites a la dosificación de los elementos fertilizantes a aplicar. Una herramienta como la desarrollada debería contemplar los aspectos normativos en las recomendaciones.

## 2. Esquema de funcionamiento

El funcionamiento del sistema se organiza en cuatro áreas principales (fig. 1). La primera se ocupa del cálculo de las necesidades de nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO y hierro, basándose en datos del cultivo tales como edad, tamaño del árbol, marco de plantación, tipo de riego.

Fig. 1. Esquema de funcionamiento



En la segunda, se llevan a cabo las correcciones en función de los análisis de suelo, agua y foliar, siguiendo los criterios del Departamento de Citricultura del IVIA expresados en la publicación de la Consellería de Agricultura de la Generalitat Valenciana "Normas para la fertilización de los agrios", serie Fullets Divulgació, nº 5-88, de la que son autores F. Legaz Paredes y E. Primo Millo.

Si existe análisis de suelo y el método de riego es por inundación, se realizan correcciones afectando al nitrógeno, como consecuencia del contenido en materia orgánica del suelo, y al fósforo y potasio según contenido y textura y cantidad de carbonato cálcico. Con análisis foliar, las correcciones estarán en función de la variedad o grupo de variedades, pudiendo afectar tanto al nitrógeno como al fósforo, al potasio o al hierro (fig. 13). A través del análisis de agua se establecen correcciones en la dosificación de nitrógeno, por el contenido en nitrato, y de potasio y magnesio según los valores que presenten dichos cationes en el análisis.

Para el cálculo de las aportaciones que, de los diferentes elementos, puede realizar el agua, es necesario conocer la cantidad total que se aporta. Para ello, en riego tradicional, se tienen en cuenta el número de riegos que se realizan y el volumen (fig. 8). Si el método de riego es el localizado, la cantidad de agua puede calcularse por medio de datos climáticos (E<sub>o</sub>, E<sub>T</sub>o) (fig. 9) que pueden estar almacenados en forma de fichero, y del coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), que el programa calcula en función del área sombreada por la planta según la ecuación obtenida por Castel y col. del Departamento de Recursos Naturales del IVIA,

$$K_c = 0,043 + (0,089 \times PAs)$$

siendo PAs el porcentaje de área sombreada por la planta.

La tercera área de cálculo corresponde a la distribución de las cantidades calculadas de elementos fertilizantes, según las proporciones y épocas deseadas (fig. 11) y su conversión en los abonos comerciales seleccionados (fig. 12), dando lugar al plan de abonado (fig. 16).

Cuando se selecciona para el abonado algún complejo ternario, la combinación de cantidades de fertilizantes que se ajusta a las necesidades se puede calcular partiendo, bien del nitrógeno del complejo, bien del fósforo o del potasio. El sistema analiza las distintas combinaciones (fig. 17) y ayuda en la toma de decisiones calculando los balances e indicando el coste de cada una de las opciones, según los datos almacenados en la base de abonos.

Tanto la distribución deseada de los elementos fertilizantes, como los abonos seleccionados y su proporción pueden almacenarse, en forma de fichero, para su posterior uso en otras recomendaciones que requieran idéntica distribución o selección de abonos.

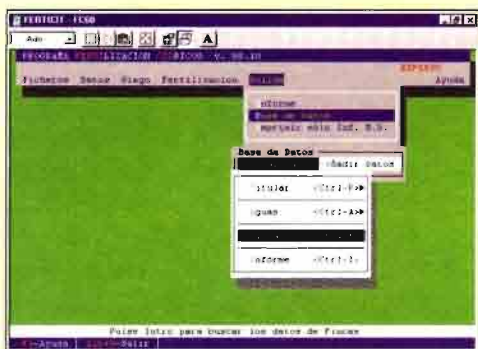
Los datos identificativos junto con las necesidades calculadas, el plan de abonado, los datos analíticos y su interpretación, y los datos de riego constituyen la recomendación de abonado o informe que emite el sistema (fig. 2).

Fig. 2. Componentes del informe.

La cuarta área corresponde a la gestión de la información y resultados, que se almacenan en una base de datos (fig. 3), de donde se pueden recuperar para consultas o nuevas recomendaciones.



Fig. 3. Opciones de Base de datos.



### 3. Estructura y manejo

El sistema, al que se le ha dado el nombre de Ferticit, está concebido y desarrollado como un conjunto de programas, organizado sobre la base de módulos, programados en TurboPascal, C++ y Clipper, relacionados entre sí y conectados con un programa principal que realiza la gestión de las distintas tareas.

El sistema se maneja por medio de ventanas y menús desplegables, que permiten una mayor facilidad y comodidad de utilización, y recurrir lo menos posible al empleo del teclado, con lo que se evitan errores.

Desde la línea de menús se puede acceder a seis opciones; tres de ellas son las propias de los procedimientos de cálculo y las otras tres ejecutan tareas auxiliares o complementarias (fig. 4):

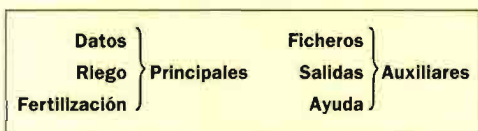


Fig. 4. Barra de menús y opciones de Datos.

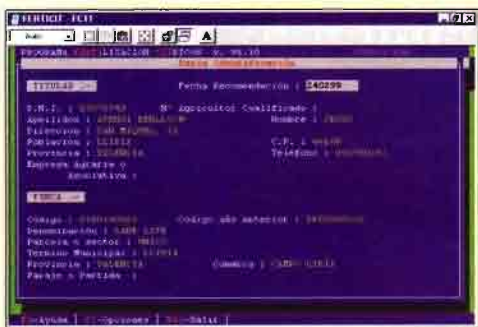


#### 3.1. Datos

Posee tres opciones o apartados (fig. 4), en los que se introducirá la información correspondiente.

La primera, **Identificación** (fig. 5), sirve para introducir los datos del titular de la explotación y los identificativos de la finca, explotación o parcela.

Fig. 5. Identificación del propietario.



En la segunda opción, correspondiente a **Cultivo** (fig. 6), se introducen los datos relativos al mismo, tales como superficie, marco de plantación, edad, tamaño, patrón, variedad, tipo de riego, etc. que son los determinantes para el cálculo de las necesidades teóricas de elementos fertilizantes.

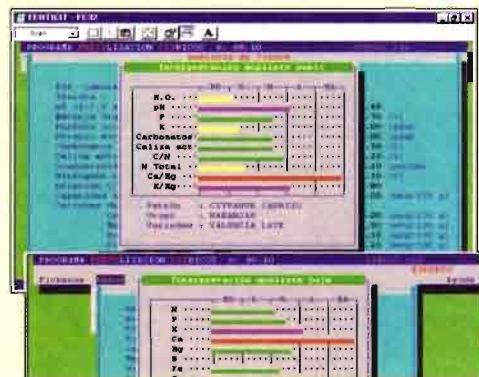
Fig. 6. Datos de cultivo.



Con la tercera opción, **Análisis**, se introducen los

datos de los análisis de suelo, agua y hoja. Permite realizar una interpretación de los valores analíticos de tierra y hojas, presentando mediante un diagrama de barras el nivel de cada dato en relación con el valor estándar que se utiliza como referencia. Si se introducen datos analíticos, las necesidades teóricas que se determinan mediante el apartado de Cultivo serán corregidas, en más o en menos, en función de los niveles obtenidos.

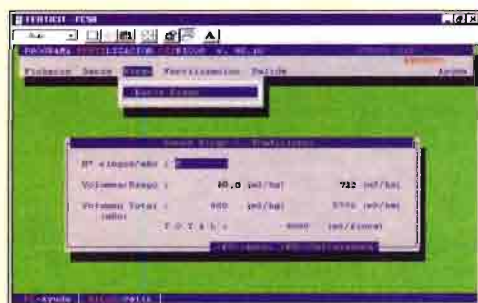
Fig. 7. Interpretación de análisis.



#### 3.2. Riego

La funcionalidad de este módulo dependerá del tipo de riego que se emplee. Si es tradicional, de pie o por aspersión, únicamente se solicita el volumen de agua que se aplica (nº de riegos y volumen unitario).

Fig. 8. Riego tradicional.



Sin embargo, si el riego es localizado intervienen los datos climáticos (evaporación o evapotranspiración), las características de la instalación y las del cultivo, lo que permite al programa dar una recomendación, de tipo orientativo, sobre dosificación de agua y tiempo de riego.

Fig. 9. Riego localizado.



Si en los datos de análisis de agua existe nitrato, el programa calcula la disminución de la cantidad del abonado nitrogenado, en función del volumen de agua de riego que se aplica, como consecuencia del nitrógeno aportado por el agua. Otro tanto sucede si el agua posee cantidades apreciables de potasio o magnesio.

#### 3.3. Fertilización.

En esta ventana hay disponibles tres opciones (fig. 10) que determinan las cantidades a emplear, así como los abonos que se van a utilizar y las épocas de aplicación.

Fig. 10. Opciones de Fertilización.



La **Distribución de abono** se presenta en forma de una tabla de doble entrada (fig. 11), con los meses del año y los elementos fertilizantes a considerar en la fertilización. En cada una de las casillas se introduce el tanto por ciento del correspondiente elemento, que se desea aplicar ese mes. De esta forma, se consigna una distribución mensual y porcentual para cada uno de los elementos.

Elemento	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
N	10	12	15	18	20	15	10						100
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		10	20	15	15	15	15	10					100
K <sub>2</sub> O	7	10	13	15	25	20	30						100
Mg	10	12	15	18	20	15	10						100
Fe		30	30			20							100

Fig. 11. Distribución del abono.

El apartado **Selección de abono** (fig. 12) permite escoger, de una base de datos de fertilizantes comerciales, los abonos complejos ternarios, nitrogenados, fosfóricos, potásicos, magnésicos y de hierro que se desean utilizar para la fertilización, con selección de los meses en los que se desea aplicar y la proporción entre ellos, si se selecciona más de uno, mediante los correspondientes cuadros.



Fig. 12. Selección de abonos.

Tanto las distribuciones como las selecciones de abonos que se confeccionen pueden almacenarse en forma de fichero, pudiendo ser recuperadas para su empleo en posteriores recomendaciones.

El tercer apartado, **Recomendaciones**, es el que pone en marcha los cálculos para establecer las necesidades y las correcciones en las dosis de elementos fertilizantes (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO y Fe), según las decisiones adoptadas por cada uno de los módulos.

De esta forma se obtiene una propuesta de **Necesidades corregidas** (fig. 13), que el experto puede cambiar si lo desea. Cuando se trata de producción integrada, dado que la normativa marca unas cantidades máximas, la dosificación no se puede corregir al alza (figs. 14 y 15).

Fig. 13. Cálculo de las cantidades a aplicar.

	(gramos/árbol)		
	Necesidades	Correcciones	Necesidades Corregidas
Nitrógeno	405	5,8	
Fósforo	94	0	94
Potasio	204	-27	177
Magnesio	30	-10	20
Hierro	0.24	-0.24	0

De esta forma se obtiene una propuesta de **Necesidades corregidas** (fig. 13), que el experto puede cambiar si lo desea. Cuando se trata de producción integrada, dado que la normativa marca unas cantidades máximas, la dosificación no se puede corregir al alza (figs. 14 y 15).



El exceso de abonado tiene una influencia negativa sobre los cultivos frutales.

Fig. 14 y 15. Cantidades a aplicar en el caso de producción integrada.



Una vez aceptadas las Necesidades se procede al cálculo del Plan de abonado (fig. 16), con la combinación de abonos seleccionados y la distribución establecida.

Fig. 16. Plan de abonado.

Abono	Abono	Plan	Abono
Nitrato Amónico (20%)	200 (kg/a)	100 (kg/a)	2000 (kg/a)
Ac. Fosfórico 80% (10%)	100 (kg/a)	10 (kg/a)	200 (kg/a)
Cloruro Potásico (50%)	200 (kg/a)	10 (kg/a)	200 (kg/a)
Epóxido	20 (kg/a)	0 (kg/a)	200 (kg/a)
Total			2000 (kg/a)

Si en la selección de abonos se han escogido fertilizantes complejos ternarios y, dado que obtener el equilibrio de abonado deseado puede alcanzarse a través del ajuste del nitrógeno del complejo, o del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o bien del K<sub>2</sub>O, el programa realiza, cada mes, el balance de elementos para cada una de las posibilidades de abonado, así como una orientación sobre el coste de cada una, y selecciona el más conveniente (fig. 17). El sistema tiene como criterios de selección primero, de entre los abonos escogidos, la combinación que consiga el mejor balance de nutrientes y, en caso de igualdad de balance, la combinación de menor coste económico.

Fig. 17. Toma de decisiones con abonos complejos.

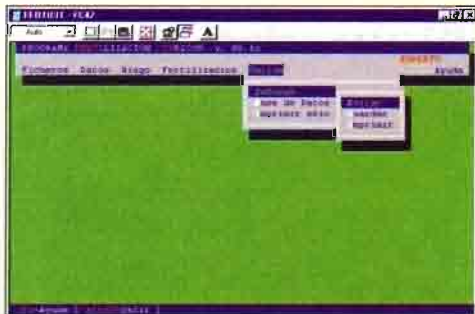
Si los niveles foliares de microelementos son inferiores a lo normal, el programa realiza la recomendación para su corrección.

Elemento	Recomendación	Coste	Balance
Nitrógeno	100	100	100
Fósforo	50	50	50
Potasio	200	200	200
Magnesio	30	30	30
Hierro	0.24	0.24	0.24

3.4. Salidas

Los resultados y recomendaciones pueden formalizarse en un Informe (fig. 18), que bien se puede Editar, para añadir comentarios o correcciones, Guardar en forma de fichero ASCII si así se desea, y obtener una copia escrita a través de Imprimir.

Fig. 18. Opciones del menú Salida.



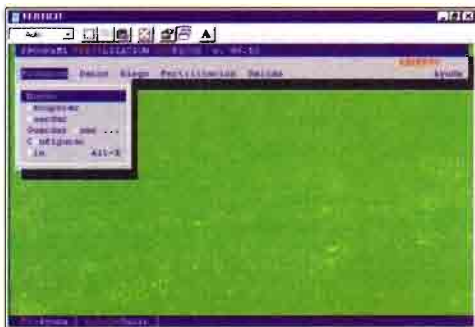
Este menú de salidas permite manejar y gestionar la Base de datos, de forma que se pueden consultar o recuperar datos de propietarios, parcelas o análisis almacenados con anterioridad (fig. 3).

3.5. Ficheros.

Por último, aunque en la línea de menús está situado en primer lugar, existe una ventana que permite la gestión de los ficheros o archivos (fig. 19).

Las diferentes opciones permiten comenzar una Nueva recomendación, Guardar para su posterior consulta la que se acaba de realizar y almacenar los datos en la base que se genera al efecto, Recuperar para cambios, modificaciones, consultas o nueva recomendación de los datos y parámetros almacenados.

Fig. 19. Menú de manejo de Ficheros.



Sin embargo, es el apartado de Configuración (fig. 20) el que confiere una mayor especificidad al programa. En él se puede determinar desde el tipo de producción con el que se va a calcular (normal o integrada), hasta qué Distribuciones y Selecciones de abono que se van a utilizar, por defecto, según los grupos y el momento de recolección o el tipo de suelo. También permite pre-determinar cuáles serán los datos climáticos que se van a tener en cuenta para el cálculo de las necesidades de agua, así como la periodicidad de los riegos en el caso de sistemas de riego localizado.

Fig. 20. Opciones de configuración.



Para un mayor automatismo, se ha dotado al apartado Configuración de la posibilidad de funcionamiento en modo Automático, de forma que sea el sistema quien seleccione las diferentes opciones en función de los datos introducidos, sin que el operador tenga que detenerse a decidir. Existe otro modo de funcionamiento,



Ferticit pretende la optimización de la fertilización en los cítricos.

el modo Experto, en el que el usuario puede acceder a todas las opciones y a las posibilidades de alterar los contenidos.

4. Resultados

Este programa es una de las herramientas utilizadas por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana para llevar a buen término un plan de optimización de la fertilización en los cítricos y de reducción de la contaminación, implicando a numerosos organismos agrarios de la Comunidad Valenciana: Oficinas Comarcales de la Consellería de Agricultura, Estaciones Experimentales del Servicio de Desarrollo Tecnológico Agrario, Servicio de Tecnología del Riego, Federación de Cooperativas Agrarias de la Comunidad Valenciana (Fecoav), Unión Territorial de Cooperativas del Campo (UTECA) de Castellón, Cooperativas Agrícolas Reunidas de la provincia de Valencia (Coarval), Asociación Valenciana de Agricultores (AVA), Laboratorio Agralimentario e Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Mediante un convenio con la Consellería de Agricultura, todos los cítricultores tuvieron acceso a la realización de recomendaciones por parte del programa, facilitando la realización de análisis a aquellos que habían seguido los cursos de agricultor cualificado en cítricultura.

Durante la primera campaña (1994-95) la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación del IVIA fue la encargada de realizar las recomendaciones. El envío de los datos y la recepción de los planes de abonado se llevó a cabo por mediación de las organizaciones y organismos antes mencionados. En ella se realizaron 1.716 recomendaciones o planes de abonado, de las cuales un 62% correspondieron a riego tradicional y un 38% a riego localizado. En la actualidad se ha superado la cifra total de 4.500, pudiendo realizarse recomendaciones de fertilización en las Oficinas Comarcales y Estaciones Experimentales Agrarias de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación y en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Con el fin de comprobar que el abonado es conforme a la norma, disponen de la versión del programa para producción integrada las Empresas de Certificación y Control inscritas en el correspondiente registro. ■