

## **FERTI.CFH: nuevo recurso para el cálculo de la fertilización y fertirriego**

M.S. Rodenas<sup>(1)</sup>, M.P. Sánchez<sup>(1)</sup>, P.J. Ferrer<sup>(2)</sup> y V. Cebolla<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento O.T.R.I., I.V.I.A.

<sup>(2)</sup> S.T.R. (Servicio de Tecnología del Riego)

Ctra. Moncada-Náquera km 4.5, 46113 Moncada (Valencia)

**Palabras clave:** fertirrigación, cítricos, racionalización de aportaciones, transferencia de tecnología, base de datos, sistema de ayuda a la decisión

### **Resumen**

Ferti.cfh permite elaborar planes de abonado o de fertirrigación de una manera eficiente, ajustando las cantidades de fertilizantes en función de las necesidades del cultivo, de su estado nutritivo y de los aportes que se realizan por suelo y agua, con lo que se pueden obtener unos rendimientos óptimos preservando el medio ambiente a un mínimo coste. La aplicación permite la configuración de datos predeterminados reduciendo su tiempo de realización, y dispone de una base de datos en la que se almacena todos los parámetros que intervienen en la elaboración del plan. Con esta herramienta, el usuario tiene la posibilidad de llevar a cabo un seguimiento histórico de todas las recomendaciones de abonado y de riego, realizadas en diferentes campañas.

### **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, la agricultura ha experimentado cambios debido a la introducción de nuevas tecnologías y a la concienciación social por una mayor protección del medio ambiente. La intensificación de la agricultura convencional ha conllevado a la aplicación de cantidades excesivas de fertilizantes, sobre todo de nitrógeno, para obtener una mayor producción. Desde hace tiempo se viene comprobando que un exceso de abonado influye negativamente en la cantidad y calidad de los productos agrícolas, además de la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, y por tanto en la salud humana.

Para paliar este problema, surge en 1996 el Real Decreto 261/1996 sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, que recoge las normas europeas de emisión contenidas en la directiva comunitaria 91/676/CEE. A raíz de este decreto, en la Comunidad Valenciana se han designado las zonas vulnerables a esta contaminación por nitratos (DOGV, 2000a y DOGV, 2004), redactándose un “Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias” (DOGV, 2000b) que establece una serie de recomendaciones dirigidas a una racionalización de las aportaciones de los abonos nitrogenados.

Entre las nuevas tecnologías agrarias surgidas en los últimos 20 años para reducir las pérdidas de nutrientes por lixiviación, está el riego localizado. Este tipo de riego, que está en continuo desarrollo tecnológico, puede realizar un uso eficiente del agua y de los fertilizantes en el cultivo, pero hay que tener precaución con las dosis y distribución de los abonos y del agua, para no producir los problemas de contaminación anteriormente mencionados.

Por todo ello es preciso emplear una metodología de recomendación de dosis de fertilizante que ajuste la aportación de los abonos en la cantidad necesaria, tanto en riego

localizado como en tradicional, para cubrir las necesidades nutricionales de los cultivos, obteniendo unos rendimientos óptimos con el menor impacto ambiental posible.

Con el desarrollo y la adaptación de la informática a la agricultura, han surgido programas informáticos que realizan los cálculos de la dosificación del abonado y del riego. En este campo se encuentra FERTICIT<sup>®</sup>, realizado en MSDOS y elaborado en el IVIA, cuya utilización se recomienda en las explotaciones de cítricos de la Comunidad Valenciana que realizan Producción Integrada (DOGV, 1997). Esta aplicación da un informe de recomendación de abonado, tanto en riego localizado como en tradicional, racionalizando las aportaciones de agua y fertilizantes.

Con el rápido avance en el campo de la informática y con el fin de facilitar la obtención de dosis ajustadas de fertilizante, se hace necesario obtener una aplicación informática compatible con las últimas versiones de Windows y que abarque no solo a los cítricos sino también a otros frutales y hortícolas. De ahí la idea del nuevo recurso creado en el IVIA, concebido como un sistema de ayuda a la decisión para el cálculo de la fertilización y fertirriego, llamado FERTI.CFH, que desarrolla nuevos algoritmos de cálculo para el ajuste de las necesidades de N, P, K, Mg y Fe, y su corrección para una mejor racionalización de las aportaciones de los fertilizantes. Esta aplicación se ha diseñado para el cultivo de los cítricos, así como para otros frutales y hortícolas, pero se ha implementado primero para el caso de los cítricos, debido a la importancia que tiene este cultivo en la Comunidad Valenciana.

El principal objetivo del FERTI.CFH es realizar recomendaciones de abonado ajustadas a las necesidades nutritivas de cada cultivo y servir de ayuda a la decisión en agricultura. Para los cálculos tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- edad y tamaño del árbol
- variedad del cultivo y marco de plantación
- análisis de suelos, hojas y agua
- datos climáticos de la zona
- características del método de riego empleado
- enmiendas orgánicas previas hasta una antelación de 3 años

Con estas variables la aplicación genera una recomendación racional y eficiente tanto en el uso de los fertilizantes como de la dosis de agua a aportar en la plantación.

## **FUNCIONAMIENTO**

FERTI.CFH es una herramienta diseñada para su funcionamiento bajo cualquier versión de Windows, con el objeto de servir de ayuda en la obtención del cálculo ajustado de la fertilización y fertirriego necesario en cada plantación. Utiliza una base de datos relacional desarrollada en Paradox y un Interfaz Gráfico de Usuario (GUI) desarrollado en Delphi. Presenta un entorno amigable basado en un sistema gráfico de ventanas con botones de herramientas, menús desplegable y sistemas de búsquedas.

El funcionamiento básico del programa consiste en la obtención de un plan de abonado o de fertirrigación según el tipo de riego seleccionado. El cálculo de este plan sigue una serie de pasos que se detallan a continuación (Fig.1):

1- Cálculo de las **Necesidades iniciales** de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO y Fe: se obtienen a partir de los datos agronómicos del cultivo como la edad, tamaño del árbol, marco de plantación, superficie cultivada, número de árboles y método de riego. Si alguno de estos datos no es conocido por el usuario, la aplicación calcula su valor en función de los que se conocen, considerando normales los desconocidos. El sistema desarrolla procedimientos de cálculo que interpolan estos valores para obtener unas necesidades nutritivas más ajustadas.

2- Cálculo de las **Correcciones**: el sistema dispone de nuevos algoritmos de cálculo que ajustan los factores de corrección en función de los datos analíticos de suelo, hojas y agua. Se han incorporado nuevos parámetros de interpretación de los valores analíticos del agua, como los índices de riesgo de precipitación (Langelier y Ryznar) y una evaluación de los problemas de infiltración que señala la restricción del uso del agua.

Si no se dispone de datos analíticos, la aplicación considera para los cálculos que el cultivo presenta niveles analíticos óptimos. Estas correcciones se añaden o descuentan de las Necesidades iniciales obteniendo las **Necesidades corregidas**.

3- Cálculo de las **aportaciones previas** de elementos fertilizantes realizadas en la finca: se obtienen las unidades fertilizantes de los abonos aportados antes de realizar la recomendación de abonado del programa, y permite además mostrar un seguimiento histórico de la liberación de nitrógeno en las aportaciones de materia orgánica que se realicen en riego tradicional. Todo ello se visualiza también mediante una representación gráfica anual. Estas aportaciones se descontarán de las Necesidades corregidas obteniendo finalmente las **Necesidades nutritivas ajustadas** a la plantación de estudio.

4- Cálculo del **Plan de Abonado** o de **Fertirrigación**: se determina qué cantidad de fertilizante se va a recomendar para el abonado. Dispone de las siguientes opciones:

4.1 – *Distribución de abonos*: presenta la cantidad porcentual de los elementos fertilizantes que se desea aplicar en un periodo. Si el riego es localizado, el periodo puede ser mensual, quincenal o semanal según la necesidad de ajuste en las unidades fertilizantes (Fig. 2).

4.2 – *Selección de abonos*: permite seleccionar entre los fertilizantes comerciales disponibles en la base de datos de la aplicación. Desde esta opción se indican los abonos que se van a emplear en la fertilización señalando la proporción que va a existir entre ellos y en qué periodo se desea aplicar. Si el riego es localizado, estos periodos también pueden ser además de mensuales, quincenales y semanales, coincidiendo siempre con los periodos de la distribución.

Si se seleccionan abonos complejos, la aplicación pone en marcha una serie de algoritmos de cálculo para ajustar las cantidades de los fertilizantes partiendo bien del N, bien del  $P_2O_5$  o bien del  $K_2O$  del abono complejo. Estas cantidades se ajustan también suponiendo que sólo se emplean en ese periodo abonos simples. En este punto, la aplicación muestra para cada uno de los periodos, las cantidades de fertilizante que se aplican con cada uno de los ajustes, así como el coste económico y las cantidades de elementos fertilizantes que sobran o faltan con cada opción, pudiendo elegir la combinación que muestra el mejor balance de nutrientes al menor precio.

5- **Recomendación de riego**: para el caso de riego localizado, las necesidades medias de agua de riego se calculan en función de datos meteorológicos medios y del coeficiente de cultivo (Kc). El sistema dispone de nuevas posibilidades de configuración de este coeficiente, pudiéndose predeterminar su valor como fijo o variable dependiendo del mes, o en función del PAs (porcentaje de área sombreada). Se realiza un cálculo más ajustado de las necesidades hídricas utilizando el valor de la precipitación efectiva. En relación con estos parámetros, se dispone de una base de datos desde la que se puede añadir o modificar cada una de estas variables.

La aplicación muestra un plan de riego en función del número de riegos por semana o de la duración del riego. En el primer caso se obtiene la dosis mensual de agua por superficie y el tiempo que duraría ese riego en horas y minutos. En el segundo caso, el técnico puede elegir entre 5 tiempos de riego preestablecidos, mostrándose para cada una de las

alternativas la dosificación del agua y el número de riegos tanto semanal como mensual (Fig. 3).

**6- Informe de recomendación de abonado y riego:** en esta pantalla (Fig. 4) se gestiona la información a mostrar según las opciones que el técnico elija. Si alguna opción aparece como no disponible es porque en ese caso no hay datos para generar el informe. Este informe puede almacenarse en un fichero, exclusivo de la aplicación, para su posterior recuperación. Asimismo, la aplicación permite cargar y visualizar otros informes guardados sin tener la necesidad de recuperar todos los datos de una recomendación de abonado.

La aplicación dispone de un menú de **Configuración** del sistema desde donde se puede definir qué datos se utilizarán por defecto en la recomendación de abonado y de riego, por ejemplo los datos climáticos de un municipio, el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), el número de riegos por semana y la duración del riego en el caso del riego localizado. Para el riego tradicional se configura el volumen y el número de riegos al año. También se puede predeterminar qué Distribución y Selección de abonos se aplicarán según el método de riego empleado, la variedad y época de recolección del cultivo o las características del suelo. Con la definición de estos valores predeterminados se reduce el tiempo de realización del plan de abonado o de fertirrigación.

Esta aplicación tiene la capacidad de poder ser utilizada por varios técnicos de una empresa, gracias a la gestión de usuarios que tiene implementada, adaptándose los planes de abonado a los requerimientos de cada usuario.

## **CONCLUSIÓN**

Para gestionar toda la información necesaria para la realización del plan de abonado, la aplicación dispone de una gran base de datos a la que se pueden añadir o bien modificar todos los datos relacionados con los titulares, parcelas, análisis de suelos, hojas y agua, fertilizantes comerciales, datos climáticos, distribución y selección de abonos, datos configurados de la aplicación, etc.

A partir de los datos agronómicos del cultivo, de la interpretación de los valores analíticos de suelo, hojas y agua, y de los parámetros de riego introducidos por el técnico, el sistema proporciona un completo plan de abonado y de riego muy ajustado a las necesidades del cultivo en estudio, que orienta y optimiza los procesos de fertilización con un mínimo coste económico e impacto ambiental. Presenta también la ventaja de poder obtener una recomendación de abonado a partir de unos datos mínimos de cultivo.

Ha sido diseñado para que el técnico tenga que realizar el menor número de operaciones posibles y obtener, con el mínimo esfuerzo y la mayor rapidez, una orientación y ayuda en la decisión sobre el abonado y riego de la plantación. Reduce el tiempo de cálculo y limita los posibles errores, no presenta riesgos de pérdida de información y proporciona una información precisa de cuándo y con qué dosis regar en un periodo de tiempo determinado por el técnico.

Se puede recuperar de la base de datos de la aplicación, planes de abonado y de fertirrigación ya almacenados, filtrando la información por distintos criterios. Asimismo, se ha desarrollado un dispositivo de selección de parámetros que realiza búsquedas detalladas en base al valor de una o más variables determinadas por el técnico.

El sistema permite gestionar los abonos a emplear en las recomendaciones a través de una base de datos de fertilizantes comerciales, que clasifica los abonos por grupos para un mejor control de los mismos. Se pueden añadir, modificar o eliminar cualquier abono, ampliando el rango de posibilidades para mejorar la selección de abonos.

La aplicación tiene la posibilidad de mostrar gráficamente los valores interpretados de los análisis de suelo (incluyendo metales pesados), de hojas (Fig. 5), de agua, y también de las variables empleadas en los datos climáticos como evapotranspiración, precipitación utilizable y efectiva, realizando combinaciones entre ellas para una mejor interpretación de los resultados (Fig. 6). En parcelas con riego tradicional, se pueden generar gráficos anuales de la distribución porcentual de las unidades fertilizantes ya aportadas en la finca, y permite realizar una gráfica del seguimiento histórico de la liberación de nitrógeno producida por los aportes de abono orgánico realizados.

Con todos estos datos, el sistema presenta la ventaja de poder llevar a cabo un histórico de las parcelas a lo largo de diferentes campañas, pudiendo extraer conclusiones mediante el estudio combinado de analíticas y estado nutritivo del cultivo, junto con la fertilización empleada en un periodo determinado de años.

### **Referencias**

- Directiva del Consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias (DOCE núm. L 375, de 31 de diciembre de 1991; corrección de errores DOCE núm. L 92, de 16 de abril de 1993).
- BOE 1996. Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Núm. 61
- DOGV 1997. Resolución de 31 de julio de 1997, del director general de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Sanidad Vegetal, por la que se establecen las normas para la producción integrada en cítricos, en el ámbito de la Comunidad Valenciana. (97/L9566). Núm. 3066.
- DOGV 2000a. Decreto 13/2000, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano, por el que se designan, en el ámbito de la Comunidad Valenciana, determinados municipios como zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Núm. 3677.
- DOGV 2000b. Orden de 29 de marzo de 2000, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias. Núm. 3727.
- DOGV 2004. Decreto 11/2004, de 30 de enero, del Consell de la Generalitat, por el que se designan, en el ámbito de la Comunidad Valenciana, determinados municipios como zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Núm. 4683.

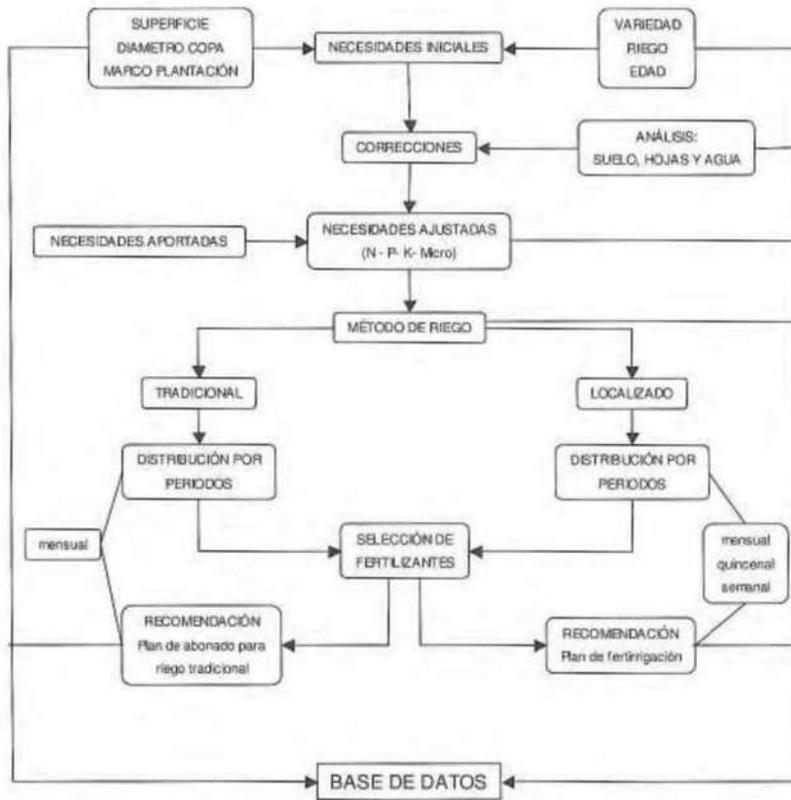


Fig.1. Esquema de funcionamiento del FERTLCFH

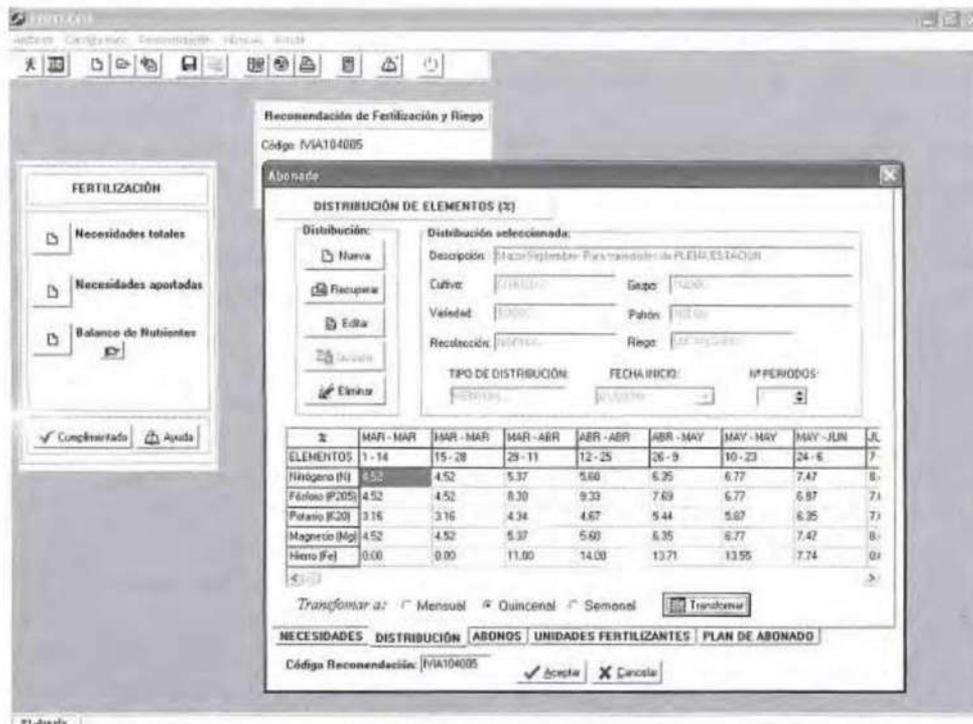


Fig. 2. Distribución porcentual de elementos fertilizantes por periodos.

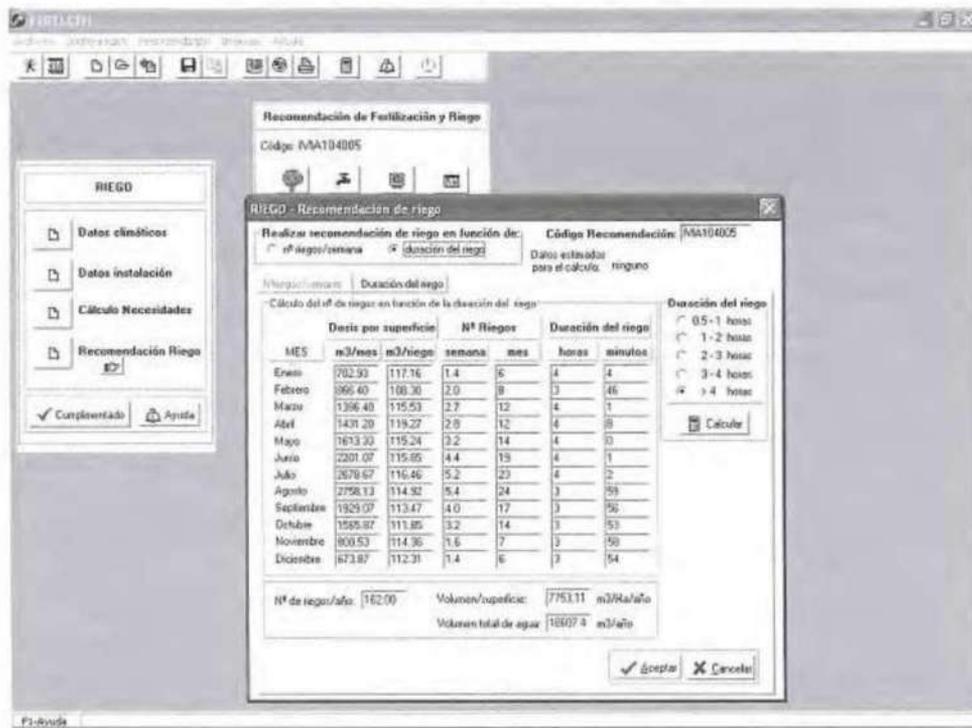


Fig. 3. Plan de riego en función de su duración.



Fig. 4. Visualización de informes impresos y selección de módulos a imprimir.

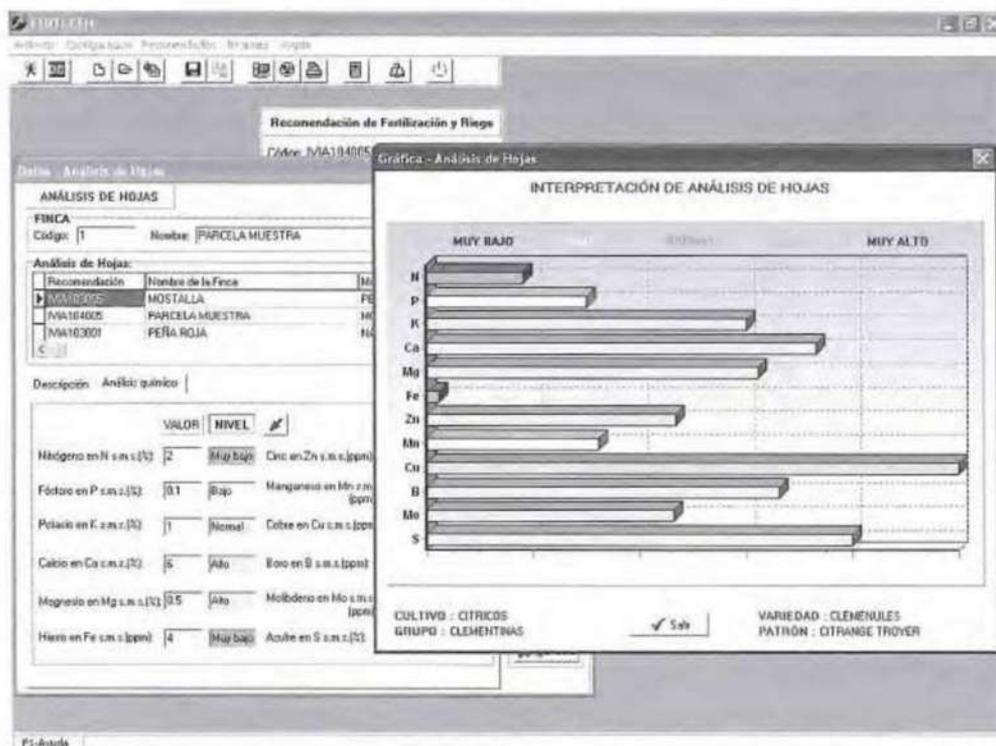


Fig. 5. Evaluación de los niveles en los análisis de hojas.

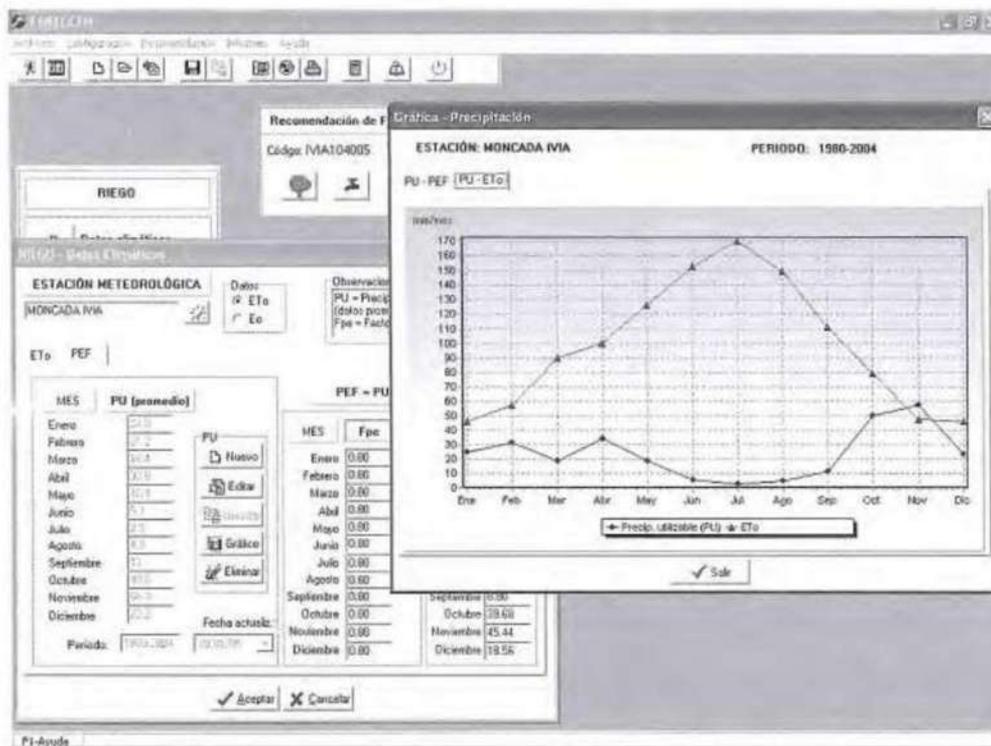


Fig. 6. Datos climáticos