

El período de 1948-1950 conoció un resurgimiento de la actividad hidrológica en Rumanía, que culminó al año siguiente con la creación de la Dirección General Hidrometeorológica, poniendo de relieve el alto nivel gubernamental alcanzado por el tema de la explotación racional de los ríos del país. Los programas hidrológicos en marcha y la red de estaciones continúan desarrollándose, con el fin de satisfacer las necesidades de la gestión de los recursos hídricos y la protección del medio ambiente hidrológico. En los últimos años los investigadores han conseguido nuevos avances en la elaboración de modelos hidrológicos, en estudios de escorrentía, en la predicción de caudales y en la vigilancia de las aguas superficiales, valiéndose de las técnicas de teledeteción.

### *Conclusión*

Como característica del estado floreciente de la meteorología y la hidrología en Rumanía, hay que señalar la asimilación y mejora, por parte del Instituto, de las técnicas y metodologías más recientes, participando activamente en los programas patrocinados por la OMM y otras organizaciones internacionales.

En este caso, el centenario de la organización de la meteorología e hidrología en Rumanía, marca el logro de la madurez profesional y científica en estas materias, y una integración muy eficaz de los servicios proporcionados a la economía nacional y a la ciencia y tecnología en general. En este aniversario nos gustaría expresar nuestra gratitud a aquellos que con su dedicación, trabajo duro y pericia han ayudado a levantar la meteorología y la hidrología rumana al alto nivel que tienen actualmente.

## **LA POTENCIALIDAD DE LOS ORDENADORES PORTATILES EN AGROMETEOROLOGIA**

*Por R. GOMMES\**

### *Introducción*

El precio de mercado de los sistemas de microordenadores oscila actualmente entre los 200 y los 5.000 \$ EE.UU. ó más, dependiendo de la memoria, el software, los periféricos y otras características. Es lógico preguntarse si algunos de los modelos económicos han alcanzado un nivel profesional. ¿Podrían ser utilizados ventajosamente por los agrometeorólogos profesionales, especialmente en los países en desarrollo en que sólo disponen de recursos limitados?

Para el objeto de este artículo, el microordenador se considera como una unidad autónoma, de modo que, además de sus órganos fundamentales, es decir, un microprocesador, una memoria (de lectura fija (ROM) o de libre acceso (RAM)) y los circuitos de entrada y salida, el microordenador incluye como mínimo dos periféricos: un teclado y una pantalla de por lo menos una línea. La unidad del microprocesador es la componente clave, pero el coste final viene determinado por la pantalla, el teclado y otros elementos de hardware.

El autor sostiene que los ordenadores portátiles (desde el de tamaño de bolsillo hasta el de un maletín o portafolios), pueden ser de gran utilidad en muchos campos de

\* El Sr. Gomme es un experto que trabaja actualmente con la FAO en la República Unida de Tanzania.

la agrometeorología, especialmente en las operaciones. Los hay de gran variedad de diseños, pero todos ellos poseen ciertas características comunes que los distinguen de las calculadoras programables de bolsillo. A continuación se dan algunos detalles.

Las calculadoras programables son en esencia calculadoras que memorizan las pulsaciones que se emplean para realizar manualmente los cálculos. Las dos variantes fundamentales de los lenguajes de las calculadoras emplean la Notación Polaca Inversa (RPN) o algún tipo de notación algebraica (AN). Las calculadoras RPN tienen un "stack" (banco de instrucciones de acceso rápido), donde se retienen los resultados intermedios pendientes de operaciones, aumentando así la concisión y la velocidad. Para las calculadoras RPN se han desarrollado ciertos algoritmos muy eficientes.

Los ordenadores, en cambio, disponen de teclado alfanumérico (tipo máquina de escribir), lo que constituye su principal característica distintiva externa. Este es, en efecto, un requisito previo para los lenguajes de nivel relativamente alto dirigidos al usuario, como son el BASIC y el FORTH (este último es un lenguaje de características RPN que ha alcanzado considerable popularidad en los años recientes). Aquí no se tienen en cuenta otros lenguajes, porque requieren más memoria y no resultan económicos para los portátiles más pequeños. Cualquier lenguaje de alto nivel permite denominar las variables y asignarles valores numéricos (por ejemplo,  $TN = 12$ ,  $TX = 27$ ), y realizar operaciones de manera muy semejante a las del álgebra ( $TMEAN = (TN + TX) / 2$ ). Finalmente, los ordenadores pueden también manejar caracteres alfabéticos—comparar dos o más caracteres, por ejemplo, o enlazar una serie de caracteres—. Actualmente, se tiende a llenar el espacio que existe entre las calculadoras y los ordenadores portátiles.

Debido principalmente a su bajo consumo de energía y a la mayor eficacia de sus circuitos, así como a que cada vez aumenta más el uso de las memorias de burbuja magnética, los ordenadores portátiles se están haciendo en la actualidad muy versátiles y pueden disponer de cierta variedad de software. La elección de un ordenador "pequeño" ya no está condicionada solamente (o de manera principal) por el precio, sino más bien por las ventajas que ofrece en cuanto a solidez, operación sin mantenimiento, módulos ROM con software especializado (por ejemplo, para la agrometeorología), sistemas económicos de almacenamiento externo (tarjetas magnéticas) y posibilidades de ampliación (el ordenador se puede conectar a una serie de dispositivos (corrientemente de la misma marca), entre los que se incluyen otros ordenadores).

Aunque aquí se concede la mayor importancia al precio, los ordenadores portátiles van ocupando paulatinamente un hueco por sí mismos.

#### *Comparación entre ordenadores portátiles*

Los ordenadores portátiles se pueden someter a comparaciones entre sí debido a que se trata de unidades completas, en contra de lo que les ocurre a la mayoría de los ordenadores de sobremesa, que requieren periféricos. La comparación objetiva debe basarse principalmente en el hardware (véase la tabla). Como los conceptos de versatilidad y prestaciones son difíciles de cuantificar, estas características se reflejan mejor en la MAXRAM, ya que el software, los sistemas de operación de discos (DOS), etc., están usualmente incluidos en la RAM, al igual que los datos. Teniendo en cuenta que los precios que figuran en la tabla son los correspondientes a la configuración mínima, las prestaciones se expresan por la suma RAM + ROM, de forma que la relación precio/prestaciones es de 6, 17 y 30 \$ EE.UU. por Kbyte para los tipos I, II y III, respectiva-

mente. Esto es debido a que las máquinas del tipo III llevan usualmente uno o dos giradiscos, y a que la mayoría de las del tipo II tienen una pequeña impresora y una microcassette. Hay que observar que la mayor parte de las máquinas del tipo I se pueden conectar a impresoras y microcassettes, con lo que se podrían comparar con las del tipo II en cuanto a precio y sistema.

Las principales ventajas de las máquinas de los tipos I y II son su bajo precio y sus razonables prestaciones. Entre sus características distintivas están la facilidad de transporte, la memoria continua y, en algunos casos, el empleo de tarjetas magnéticas o de memorias de burbuja para el almacenamiento de los datos y programas.

	calculadora típica de bolsillo	Tipo de máquina		
		I	II	III
Número de tipos de ordenadores considerado (N)	—	6	13	9
Volumen (dm <sup>3</sup> )	0,20	0,24±0,16	1,78±1,26	33,2±21,0
Peso (Kg.)	0,30	0,22±0,12	1,01±0,62	12,7±3,5
Teclado (Nº de teclas)	35	60±9	63±8	85±16
Presentación (Nº de líneas)	1	1,2±0,4	3,1±2,5	22,6±5,2
Nº de columnas	15	22±4	25±6	64±19
Memoria ROM (Kbytes)	5(?)	22±9	27±9	12±11
RAM (Kbytes)	0,5	3,4±1,5	11,0±9,9	96,0±64,0
MAXRAM (Kbytes)	5	7,4±6,5	70,4±141,0	248,9±222,6
Precio (\$ EE.UU.)	200	164±49	682±683	3620±1337

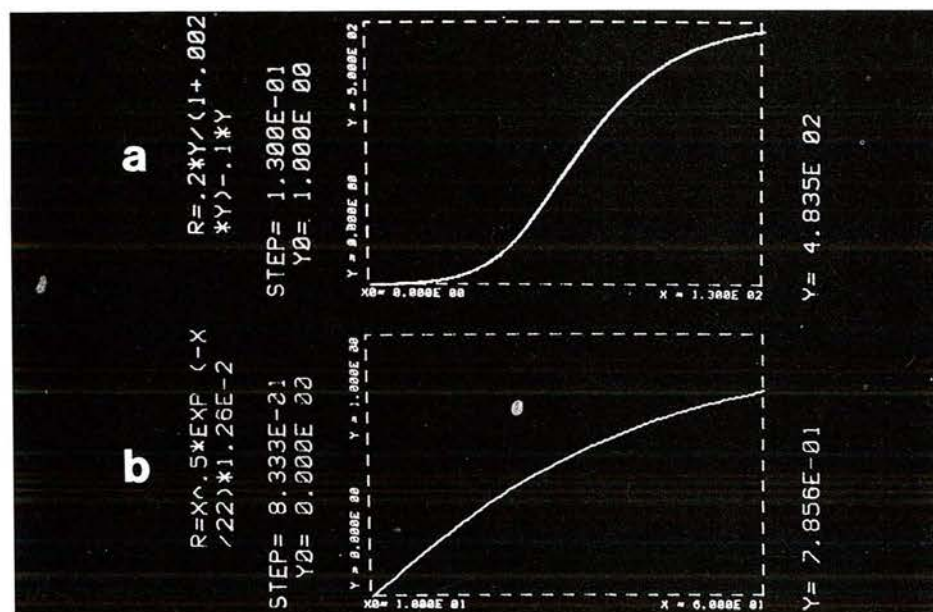
Comparación de ordenadores "de bolsillo" (tipo I), "de maletín" o "de regazo" (tipo II) y "de maleta" (tipo III). Se utilizaron N ordenadores de cada tipo para calcular las desviaciones media y standard (dadas como media ± 1 desviación standard). La MAXRAM es el valor máximo posible de la RAM.

#### *Empleo de las calculadoras de bolsillo para la enseñanza*

Cuando de Wit escribió su libro clásico "Photosynthesis of leaf canopies", en 1965, incluyó en él una lista de programas en FORTRAN II "...lo suficientemente pequeños para poder introducirlos en un ordenador IBM-1620 con 20.000 posiciones de almacenamiento...". Hoy en día, su traducción al BASIC ocupa menos de 20 Kbytes y se puede tratar fácilmente en un ordenador del tipo I o del II, lo que permite a un estudiante pasar dichos programas y aumentar así sus conocimientos sobre la penetración de la luz y su distribución en las hojas de las plantas. La modelización por ordenador ha supuesto un cambio importante en las enseñanzas de materias como la agrometeorología al permitir el tratamiento experimental. ¿Cuál es el efecto del aumento de la evapotranspiración potencial sobre la tasa de crecimiento de un pasto? ¿Cómo y por qué cambia la distribución de la precipitación cuando se modifican sus parámetros? Estas son dos cuestiones que se responden fácilmente con un ordenador portátil, como se ilustra en la figura que se acompaña.



El punto de vista de Finney (1981), al decir que “una manera excelente de perder el tiempo es escribir una serie de programas estadísticos... para los cálculos de análisis standard de varianza o regresión”, no se puede aplicar a los estudiantes. Los ordenadores portátiles constituyen una ayuda muy útil para la enseñanza, ya que el hecho de escribir y *diagnosticar* los programas presupone una comprensión clara del problema. La programación de problemas típicos aumenta la habilidad del estudiante y su familiarización con la confección de programas y, a la vez, con el tema técnico de que se trata.



Cálculos y gráficos realizados con un ordenador de bolsillo Sharp PC-1500.

- (a) Integración entre 0 y 30 días (eje X) de  $dW/dt - c\varphi E \cdot W(1 + aW) - bW$  donde W = peso en seco de un componente de un pasto,  $\varphi$  = fracción disponible de agua en el suelo, E = evaporación del tanque, y a, b, c son constantes específicas de la instalación. En este ejemplo.  $c\varphi E = 0,2$ ,  $a = 0,002$ ,  $b = 0,1$  y  $W = 1$ . (Según Byrne y Drummond (1980)).
- (b) Integración entre 10 y 60 mm (eje X) de la función de distribución de la probabilidad de la ley gamma incompleta, con  $\gamma = 1,5$  y  $\beta = 22$ .

### Utilización en la agrometeorología operativa

Los agrometeorólogos de los países en desarrollo no suelen disponer de ordenadores de la potencia adecuada, e incluso son todavía escasos los microordenadores, por lo que les pueden servir de considerable ayuda los baratos ordenadores portátiles.

Es conveniente plantearse la cuestión de si las dimensiones de un órgano vienen dadas por su función, o si es al revés. Evidentemente, los dos planteamientos tienen algo de verdad, pero la opinión del autor es que, en los países desarrollados, el órgano (usualmente un ordenador de grandes dimensiones) condiciona demasiado a menudo la función. Es decir, que se prefieren los métodos innecesariamente complicados y con gran cantidad de datos en lugar de aquéllos que se pueden tratar en un ordenador portátil. Un ejemplo revelador es el de un análisis de datos diarios de precipitación durante 30 años: sólo el almacenamiento de los datos requiere unos 86 Kbytes si se cifran co-

mo números reales de 8 bytes, o bien 22 Kbytes como enteros de 2 bytes, lo cual excede de la capacidad de la mayoría de las calculadoras de bolsillo. Si se agrupan por decenas, los datos ocupan 9 y 2 Kbytes, respectivamente. En muchos casos, la solución de un problema práctico de agrometeorología operativa no resulta significativamente mejor, hablando en forma cualitativa, por utilizar los datos diarios en lugar de agruparlos. Las fórmulas simplificadas también pueden reducir efectivamente las necesidades de memoria de un modelo o submodelo.

Los modelos cosecha/tiempo son probablemente los que más se utilizan en la agrometeorología. La mayor parte de ellos se clasificarían como "sencillos", y, aunque el trabajo de investigación para su desarrollo puede haber requerido un volumen considerable de datos, el modelo final se puede pasar usualmente por un ordenador portátil. También son sencillos los modelos prácticos del balance hídrico del suelo (SWB) y se pueden adaptar a los ordenadores portátiles (en Gomme (1983) se encontrarán ejemplos).

En el contexto particular de los países en desarrollo, la simplicidad de los modelos es debida a menudo a la insuficiencia de datos. El aumento de la complejidad de un modelo en este caso conduce, la mayor parte de las veces, a la introducción de constantes arbitrarias, lo que difícilmente se puede considerar una mejora. Sin embargo, al contrario de lo que sucede con los modelos cosecha-predicción de regresión múltiple (que son esencialmente inajustables), los modelos SWB comprenden submodelos que se pueden investigar de forma conveniente con un ordenador portátil. En efecto, resulta sorprendente, la cantidad de "modelos" publicados en las revistas de agrometeorología que se pueden pasar en un ordenador portátil. El principal problema es, frecuentemente, que los datos que se publican para ilustrar el método no son suficientes para comprobar el modelo.

Cuando el autor escribió el manual (antes mencionado), sobre las calculadoras de bolsillo en la agrometeorología, varias personas se mostraron en desacuerdo con su afirmación de que las calculadoras de bolsillo pueden hacer lo mismo que otras máquinas más potentes. Indudablemente, puede llevar más tiempo (y precisar más conocimientos de programación), el encajar un programa largo en, digamos, 16 Kbytes de RAM. Puede ser necesario leer los datos de una cinta por partes en lugar de almacenarlos en la memoria de un ordenador. Sin embargo, con muy pocas excepciones, será posible reducir las necesidades de memoria de un algoritmo dado a expensas de la velocidad o de la facilidad de lectura. Un aumento típico del tiempo de utilización del ordenador es de uno o dos órdenes de magnitud, lo cual, aunque representa un mal funcionamiento según las normas de los superordenadores, supone una mejora muy significativa sobre el cálculo manual. Un método tan corriente como el de regresión múltiple para relacionar la cosecha con ciertos parámetros meteorológicos, ya se sale del cálculo manual. El análisis estadístico multivariante se desarrolló principalmente durante los años 1930, aunque el progreso teórico fue difícil de aplicar a causa de los problemas de cálculo. El uso generalizado de esta técnica coincidió con el rápido aumento del número de ordenadores pasada la primera mitad de los años 1950.

De forma análoga, si los ordenadores pequeños se difunden en los países en desarrollo, pueden producir un cambio en la actitud de los agrometeorólogos hacia los problemas operativos. Por ejemplo, el ajuste de las distribuciones de precipitación con la distribución gamma incompleta es hoy tan fácil como la determinación de los cuantiles una vez ordenadas las cifras de la precipitación, y el valor de la evapotranspiración po-

tencial de Penman se puede hallar muy rápidamente sin necesidad de recurrir a las tablas.

Es claro que los ordenadores portátiles están más indicados para la aplicación de fórmulas que para largas operaciones iterativas, pero tienen otros usos para los que no sirven los microordenadores ni los miniordenadores. Los ordenadores portátiles pueden emplearse como libro de notas electrónico, en trabajos de campo, por ejemplo, y como terminales portátiles cuando hay que recoger datos en el campo, comprobarlos sobre el terreno y transferirlos posteriormente a un microordenador o miniordenador para su procesado.

Finalmente, se podría aumentar la utilidad de los ordenadores facilitando la disponibilidad de software para la agrometeorología, especialmente en los países en desarrollo, en todos los campos relacionados con el control de los cultivos en un medio ambiente de lluvias siempre fluctuantes. Desde luego, las cuestiones esenciales como la determinación de las fechas óptimas para la siembra (tanto en su sentido estadístico para la planificación como para asesorar a los agricultores en un año específico), se pueden abordar de varias maneras. Sin embargo, no parece haber ninguna razón para que no se normalicen los métodos, como sucede con las horas de observación y con las claves para la transmisión de datos. Lo que hace falta es una colección de programas listos para el uso que cubran básicamente todos los temas enumerados en el Sistema de Referencia para las Aplicaciones Climáticas, CARS/FOOD.

### *Conclusiones*

Los ordenadores portátiles son ahora en muchos aspectos cualitativamente equivalentes a los microordenadores. Usualmente disponen de sistemas de operación del orden de los 40 Kbytes, 150 funciones y proposiciones BASIC, 16 Kbytes de RAM (ampliable), ROMs y sistemas de almacenamiento externo enchufables, todo combinado con la ventaja de la facilidad de transporte.

Estas características impiden su uso en aplicaciones que requieran altas velocidades, gran capacidad de memoria de libre acceso, o ambas cosas a la vez. Sin embargo, su bajo precio los hace muy interesantes para su empleo en la enseñanza y en la agrometeorología operativa, así como para el diseño y utilización de modelos que no sean complicados.

Los ordenadores portátiles baratos, de fácil manejo y robustos, pueden mejorar de forma notable los resultados que se obtienen en los servicios agrometeorológicos que sólo disponen de recursos limitados. Se debería actuar con urgencia en el desarrollo y distribución del software apropiado para la agrometeorología.

### *Agradecimiento*

El autor expresa su agradecimiento a los señores M. Frere (FAO, Roma), A. Goodchild (LPRI Mwapwa, actualmente en Brisbane) y A. Weiss (Universidad de Nebraska), por sus útiles comentarios al borrador de este artículo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BYRNE, G.F. y DRUMOND, J.E. (1980): Fitting a growth curve equation to field data. *Agric. Meteorol.* 22: 1-9.
- DE WIT, C.T. (1965): Photosynthesis of leaf canopies. Pudoc, Wageningen. *Agric. Research Reports* Núm. 663, 57 p.
- FINNEY, D.J. (1981): The misuse of mathematicians, statisticians and computers in agricultural research. *Expl. Agric.*, 17: 345-353.
- GOMMES, R. (1983): Pocket Computers y Agrometeorology. *FAO Plant Prod. and Protec.* Paper Núm. 45, Roma, 140 p.

## TRIGESIMO ANIVERSARIO DEL INSTITUTO HIDROMETEOROLOGICO DE CHECOSLOVAQUIA

Por V. RICHTER\*

Hace treinta años que la meteorología y la hidrología operativa de Checoslovaquia se fusionaron en un solo organismo —el Instituto Hidrometeorológico—. También se celebró en 1984 otro aniversario, el de la hidrología checoslovaca. En realidad, han pasado 110 años desde que se estableció el servicio hidrológico, que situó a Checoslovaquia entre los primeros países del mundo que lo habían hecho.

La historia de la meteorología, la climatología y la hidrología en Checoslovaquia, en realidad se remonta a un pasado más remoto que éste. Por ejemplo: se han venido realizando observaciones regulares del tiempo en la estación meteorológica de Prague-Klementinum desde hace 200 años (*Boletín de la OMM* 26 (1) pág. 70 y (2) pág. 166). Las alturas extremas del nivel de las aguas de los ríos más importantes se observaron y registraron ya desde los comienzos del presente milenio; las observaciones efectuadas de forma regular, que permiten el análisis en detalle de los datos, comenzaron en la primera mitad del siglo diecinueve.

La fusión de la meteorología y la hidrología operativa en el Instituto Hidrometeorológico Checoslovaco, en 1954, marcó un hito especialmente importante en la historia de los progresos conseguidos en estos dos campos, y en sus aplicaciones al desarrollo de la economía nacional. Al principio, surgieron algunas dudas, pero pronto se desvanecieron y en la actualidad todos están de acuerdo con que la fusión supuso, para ambas disciplinas, ventajas tanto económicas como profesionales.

En los últimos años, la preocupación por la protección del medio ambiente ha conducido a la realización de mayores esfuerzos en el estudio de la biosfera. Los datos adicionales generados por este concepto sirven para destacar la importancia fundamental de la red de observaciones hidrometeorológicas y de los bancos de datos meteorológicos e hidrológicos, pues permiten obtener unos resultados de la investigación más rápidos y significativos, por ejemplo: en el caso de la acción mutua entre los contaminantes y la precipitación.

El Instituto Hidrometeorológico Checoslovaco está utilizando las interacciones entre la meteorología y la hidrología operativa, con el fin de proporcionar, de forma más eficaz y más económica, la información hidrometeorológica necesaria para los distintos

---

\* Director del Instituto y Representante Permanente de Checoslovaquia en la OMM.