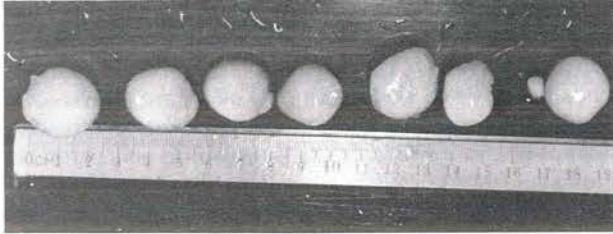


casas y se perdieron cientos de cabezas de ganado. Este fenómeno era desconocido, hasta ahora, en febrero.

El 31 de octubre hubo una tormenta excepcional en Al Wajh, en la costa del mar Rojo, al norte de ARABIA SAUDITA. Se recogieron 122,3 mm, que superan la lluvia total acumulada en los últimos 10 años. Una corriente en chorro del noreste se encontraba sobre una ancha vaguada, que se extendía hacia el noreste desde una zona de baja



Arabia Saudita – Pedriscos recogidos en Tabuk, durante la extraordinaria tormenta del 31 de octubre de 1984.

presión situada en el Sudán y la tormenta fue desencadenada por un frente frío que penetró en el país desde el Mediterráneo oriental. En Tabuk, unos 240 km. al norte de Al Wajh, a una altura de 776 m. sobre el nivel del mar, sólo se recogieron 12,4 mm de lluvia, pero incluía pedriscos con diámetro mayor que 2,5 cm. Sin embargo, esta precipitación representa un nuevo récord de la lluvia diaria para el mes de octubre.

Agradecimientos

Deseamos dar las gracias a los representantes permanentes ante la OMM (y en algunos casos también a los directores de instituciones hidrológicas), de 73 países por sus contribuciones a este artículo. Las notas sobre las configuraciones de la circulación en el hemisferio norte y en el hemisferio sur fueron suministradas, respectivamente, por los EE.UU. y Australia. Además, se agradece especialmente la valiosa colaboración de la Universidad de East Anglia (Reino Unido), del Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Plazo Medio y del Climate Analysis Center of NOAA (EE.UU.).

UN CURSO DE FORMACION ESPECIALIZADO EN AGROMETEOROLOGICA, EN BELGICA, PARA CONTRIBUIR A MITIGAR LA CRISIS ALIMENTARIA DEL TERCER MUNDO

Por E.A. BERNARD*

Introducción

La *Fondation universitaire luxembourgeoise* (FUL) es una institución interuniversitaria de investigación y enseñanza en ciencias del medio ambiente, para post-graduados. Se creó en Arlon, capital de la provincia de Luxembourg, y su programa de cursos dura un año, siendo éstos reconocidos por un diploma de *Maître en Sciences de l'Environnement* (Diplomado en Ciencias del Medio Ambiente).

* Meteorólogo honorario del *Institut royal météorologique de Belgique* y promotor de la enseñanza de la agrometeorología en la FUL.

Dentro del programa de cooperación entre Bélgica y la OMM, para la ayuda a los países del Sahel, víctimas de la sequía, la *Administration générale de la co-opération au développement* (AGCD), la FUL y la OMM suscribieron un acuerdo basado en las conversaciones mantenidas durante los años 1978-1979 y cuyo objetivo era formar, a nivel superior, agrometeorólogos del Tercer Mundo, proporcionando a los meteorólogos de los Servicios Nacionales una formación complementaria y acelerada de agronomía. Respondiendo así a las necesidades urgentes de aumentar la producción de alimentos por la vía, todavía poco explotada, de la agrometeorología.

Para comprender las ideas básicas del acuerdo, es necesario señalar, en primer lugar, que la enseñanza en la FUL, referente a las ciencias del medio ambiente, está dividida en dos tipos de cursos. El primer tipo comprende cursos generales que se imparten desde mediados de septiembre hasta finales de diciembre, mientras que el segundo está formado por cursos de aplicaciones especiales, que se desarrollan de enero a mediados de junio. Los cursos generales confieren una formación básica, interdisciplinaria, en las ciencias del medio ambiente. Por su parte, los cursos especiales proporcionan un conocimiento más profundo y completo en los principales campos de las aplicaciones de las mismas.

El acuerdo AGCD/FUL/OMM se basa en los dos conceptos siguientes:

- Se crea, en la FUL, un nuevo curso especializado en agrometeorología para los meteorólogos de nivel superior del Tercer Mundo. El título de *Maître en Sciences de l'Environnement* se otorga a aquellos alumnos que hayan completado con éxito sus estudios de los cursos generales y especiales. Los estudiantes inscritos únicamente en los cursos especializados reciben un Certificado a la terminación, con éxito, de sus estudios.
- La OMM administra los fondos belgas destinados a ofrecer anualmente becas, de un año o seis meses de duración, a los meteorólogos de los países en desarrollo, con el fin de permitirles seguir las enseñanzas de Arlon, y poder obtener el título o el certificado. La OMM anuncia anualmente, entre sus Miembros, las vacantes y selecciona a los candidatos (Clase I y II), de acuerdo con sus títulos y las necesidades nacionales. El montante anual de fondos suministrado por Bélgica supone el equivalente a seis becas durante un año completo.

Los cursos agrometeorológicos de Arlon son asequibles a cualquier candidato, becario o no, que reúna las condiciones de formación meteorológica al nivel requerido. La enseñanza se da en francés.

Este artículo tiene por objeto exponer la organización de estos cursos y los resultados conseguidos después de 5 años académicos (1979 a 1984), transcurridos desde la entrada en vigor del acuerdo. También, el de explicar la idea que informa el proyecto tendente a la consecución de su verdadero objetivo, o sea: el aumento de la producción de alimentos del Tercer Mundo, por la vía ecológica de la agrometeorología. Esta vía es un complemento indispensable de la vía genética (cuyo éxito se puso de manifiesto con la revolución verde). El método ecológico y agrometeorológico ha sido poco explotado, debido o a haber sido ignorado o a la persistente incomprensión de su alto potencial productivo. Ha llegado la hora de volver a definir los principios directores de las prácticas agrometeorológicas eficaces.

Agrometeorología y la producción alimentaria

El mensaje "la agrometeorología es un arma en la lucha contra el hambre" es difícil de transmitir a los agrónomos, a los ecologistas, a la Autoridad política que decide o a los altos responsables de la cooperación que financia los proyectos de desarrollo, e incluso a los propios meteorólogos. Es sorprendente comprobar la ausencia de la idea de este mensaje en innumerables artículos, libros, declaraciones, entrevistas televisadas, coloquios y conferencias dedicados, desde hace un decenio, al problema del hambre y su erradicación. Sin embargo, las ideas del mensaje son claras, y una vez más, conviene resumir su contenido.

- (a) La producción agrícola es el resultado de dos factores que multiplican sus efectos: por una parte, la calidad de las semillas y, por otra, la calidad de lo que pudiéramos llamar "el influjo ecológico" (intercambios de materia y energía entre los cultivos y su medio ambiente, los cuales dependen del suelo y de la atmósfera).
- (b) Los procesos físico-químicos del crecimiento y desarrollo se clasifican como grandes funciones ecofisiológicas, si bien, estos procesos evolucionan en estrecha interacción. Ciertamente que la programación genética organiza estos procesos, pero son las variaciones, en la cronología y en el espacio, del influjo ecológico, las que gobiernan su evolución. Cuando desde la siembra a la recolección, la luz ambiental, el calor y la humedad, los intercambios gaseosos y la captación de iones minerales permanecen en buena armonía con las exigencias genéticas, el rendimiento de las cosechas es muy elevado. Por el contrario, si varían por exceso o defecto, sobre todo en las épocas críticas del desarrollo de los cultivos, el rendimiento es escaso.

Recordados estos principios generales de agronomía, veamos ahora cómo las actividades agrometeorológicas organizadas pueden contribuir sustancialmente a incrementar y regularizar la producción agrícola del mundo tropical.

En los climas templados con lluvias regulares, pero con un semestre demasiado frío, es la temperatura el factor principal limitante de la producción. En los climas tropicales, donde la temperatura permanece siempre suficientemente elevada y, donde se produce una gran evaporación, son, por el contrario, el régimen de lluvias y el agua disponible en la zona de las raíces los factores limitantes de la producción. Esto quiere decir, que la gran variabilidad espacial y cronológica de las lluvias del monzón, de las tormentas o de los ciclones es la mayor restricción meteorológica que pesa sobre la producción agrícola del Tercer Mundo.

Millones de campesinos de estos países organizan cada día las actividades de su calendario agrícola, de acuerdo con una agricultura ancestral a menudo de tipo extensivo y algunas veces a niveles de subsistencia. Aunque las técnicas agrícolas que componen su calendario se reduzcan a utilizar, de la mejor manera posible, para sus cultivos, el agua aportada por las lluvias, basándose en los conocimientos empíricos de una notable agrometeorología tradicional.

Pero, aunque los campesinos reciban semillas seleccionadas y tengan un perfecto conocimiento de sus suelos, a menudo sus cosechas dependerán de las incertidumbres sobre el monzón y sus caprichos, sobre el comienzo y la duración de la estación de lluvias y sobre los niveles del agua en ríos y lagos. Ahora bien, los Servicios meteorológicos e hidrológicos disponen a este respecto de informaciones objetivas y cotidianas, pe-

ro al no estar los campesinos informados sobre la evolución de las condiciones atmosféricas (principalmente respecto a la lluvia), y no habiendo sido aconsejados sobre la organización de sus actividades agrícolas en función de la evolución atmosférica observada, no pueden sacar el máximo partido del tiempo y del clima para mejor asegurar su producción agrícola, quedando ésta sometida a los golpes de suerte de los caprichos del cielo.

Si se considera que la producción agrícola del Tercer Mundo es el producto de la genética intensiva por la componente ecológica extensiva, y que una población rural de unos tres mil millones de personas está cultivando mil millones de hectáreas, se puede comprender que el gran aumento potencial de la producción de alimentos en el Tercer Mundo depende de una mejor explotación de los recursos ecológicos.

¿Cómo alcanzar este objetivo, definido así en su verdadera dimensión?. ¿Cómo poner el clima y el tiempo al servicio de los campesinos, a fin de que los conocimientos meteorológicos sean óptimamente explotados para la producción agrícola?. La respuesta es evidente, cuando se conoce el dispositivo de la Vigilancia Meteorológica Mundial, creada por la OMM para vigilar, a escala planetaria, el tiempo. Es preciso completar esta Vigilancia, en el Tercer Mundo, con una Vigilancia agrometeorológica. Recordemos que la meteorología es la ciencia del medio atmosférico, en cuyo seno se desarrollan todas las actividades humanas. En su aspecto aplicado, que concierne sobre todo a la OMM, la meteorología incluye también las técnicas para una mejor utilización de este medio, con el fin de satisfacer las necesidades del desarrollo socio-económico.

En los países esencialmente agrícolas del mundo tropical, donde a menudo, podrían aumentarse considerablemente los rendimientos, la agrometeorología es la primera de estas técnicas. En efecto, tiene por objeto: (a) sacar el máximo provecho de las fuerzas beneficiosas del tiempo y del clima, fuerzas creadoras de materias vegetales y animales útiles, es decir, riqueza agrícola, y (b) luchar eficazmente contra las fuerzas del tiempo y del clima destructoras de la producción de estas materias útiles.

La primera condición necesaria para que se organicen en el Tercer Mundo actividades agrometeorológicas eficaces es disponer de un número suficiente de agrometeorólogos calificados que actúen de forma operativa al servicio de la producción agrícola. De aquí, la importancia de cursos de formación profesional tales como los ofrecidos por el proyecto FUL/OMM/AGCD.

Los cursos de la FUL

La idea fundamental de la organización de los cursos es proporcionar una formación acelerada a los meteorólogos (Clases I y II) de los países del Tercer Mundo, en agrometeorología tropical que, como complemento a su formación de base, les permita comprender mejor el papel práctico del agrometeorólogo, discutir, en plano de igualdad, con los agrónomos y defender la causa que sirven cerca de sus autoridades institucionales.

Los cursos generales que se imparten en el primer semestre comprenden 290 horas de clases y 60 de trabajos prácticos y seminarios. Estos cursos inician a los alumnos en las disciplinas fundamentales de las ciencias del medio ambiente (Ecología, Proceso de datos, Geografía humana, Sociología, Economía, Derecho). También proporcionan una formación en las aplicaciones completas de estas ciencias a los problemas de gestión del medio ambiente (Problemática, Ciclos biogeoquímicos, Ecosistemas acuáticos

y terrestres, Energía, Contaminación, Aplicaciones sociológicas, económicas, jurídicas, políticas y geográficas).

Los cursos de agrometeorología, dados en el segundo semestre, suponen 215 horas de clases por profesores de las universidades belgas o por miembros de instituciones científicas belgas o extranjeras, muy calificados por su experiencia en el Tercer Mundo sobre este tema. Se refieren a las 13 materias siguientes: Agrometeorología y desarrollo*; Introducción a la Climatología, a la Pedología y a la Fitogeografía tropicales; Bases físico-químicas y biológicas de la agrometeorología; Metodología especial (balances hí-



En los edificios de la *Fondation universitaire luxembourgeoise*, una batería de paneles solares está conectada a un sistema experimental subterráneo de almacenamiento de energía.

drico y energético de los cultivos); Fitotecnia tropical; Zootecnia tropical; Protección de los cultivos; Estimación estadística de los rendimientos de los cultivos y los modelos de predicción; Perspectivas de los datos de la teledetección para la agrometeorología; Telemetría y telecomunicación de los parámetros agrometeorológicos; Interpretación sinóptica, predicción y difusión de las informaciones meteorológicas. Estos cursos y su contenido han sido seleccionados y coordinados expresamente para alcanzar los objetivos de la formación agronómica acelerada, teniendo en cuenta los conocimientos meteorológicos de los estudiantes.

Se organizan visitas a instituciones especializadas (Bélgica y Francia) en los problemas de la agrometeorología, así como excursiones científicas destinadas a mostrar, sobre el terreno, las actividades relativas a estos problemas.

Para la obtención del título de Diplomado es obligatoria la redacción y defensa pública, ante un jurado de especialistas, de una tesis original sobre un tema relativo a la agrometeorología. He aquí, a título de ejemplo, algunas de las tesis presentadas: La agrometeorología en Nigeria, situación actual y perspectivas de desarrollo; Balance hídrico del suelo en Afganistán; Establecimiento de un calendario agrícola en Burundi, en función del balance hídrico; Estimación del rendimiento del cultivo de arroz en el Vietnam; Estudio crítico de los métodos teóricos y experimentales de la evapotranspiración potencial, aplicación al Uruguay.

* Curso basado en la siguiente publicación: *Compendium of lecture notes for training personnel in the applications of meteorology to economic and social development* por E.A. BERNARD. OMM Núm. 382 (1976).

Durante cinco años de funcionamiento (desde 1979 a 1984), el proyecto FUL/OMM/AGCD mostró unos resultados muy satisfactorios: 24 estudiantes obtuvieron el Título de Diplomado en Ciencias del Medio Ambiente, especialización en agrometeorología; 15 alumnos recibieron su Certificado de estudios especializados en agrometeorología. En el presente curso académico (1984-1985), 4 estudiantes siguen los estudios para la obtención del Diploma y 6 para el Certificado. Hay que señalar que gracias a los contactos mantenidos por la Secretaría de la OMM con todos los países Miembros, los 48 estudiantes formados en Arlon representan ya a 29 nacionalidades de Africa, Asia y América Latina.

En este caso, se puede asegurar que el proyecto FUL/OMM/AGCD de formación agrometeorológica del Tercer Mundo está bien encaminado hacia su éxito. Una de las principales razones del éxito de la enseñanza es la motivación de los estudiantes, meteorólogos profesionales en plena carrera en su Servicio Nacional. Esta motivación lleva consigo una enseñanza viva, donde tanto los estudiantes como los instructores intercambian sus ideas y experiencia de los problemas de organización de la agrometeorología práctica. La eficacia de la enseñanza se demuestra por las funciones que desempeñan los antiguos alumnos, cuando se reintegran a su carrera. En muchos casos, gracias a la obtención del Diploma por un miembro del personal profesional del Servicio Nacional, se ha creado o reforzado la sección agrometeorológica y, en algunos casos, se le confió la dirección de la misma.

Una característica notable de la organización de la enseñanza de Arlon es su reducido coste por estudiante formado. Utilizando al máximo los medios de una institución ya establecida y la competencia de los especialistas belgas, el coste de la formación se establece en unos 7.000 \$ EE.UU. por estudiante.

Conclusiones

La contribución belga a la formación de agrometeorólogos del Tercer Mundo, aunque modesta en relación con las necesidades, es un proyecto que debe continuar y ampliarse. Las necesidades son mal conocidas y deben ser establecidas por la OMM. Se puede estimar que varios proyectos similares coordinados podrían satisfacer las necesidades más apremiantes del Tercer Mundo en agrometeorólogos, de aquí al año 2.000.

Sería deseable que la OMM organizase un coloquio para planificar la formación mundial en agrometeorología y comparar las experiencias adquiridas en los diversos proyectos de formación profesional actuales.

Sin embargo, el verdadero problema sigue siendo todavía el desarrollo de actividades agrometeorológicas eficaces. Visto desde este ángulo agrometeorológico, el escándalo del hambre en el mundo pone de relieve dos paradojas:

- La pobreza y el hambre aparecen allí donde debería haber una producción agrícola abundante, dado la existencia de condiciones atmosféricas generosas en luz, calor y agua (agua dulce de los ríos y lagos, cuando la lluvia es escasa). Este alto potencial productor permanece prácticamente explotable durante todo el año, sea por la diversificación de cultivos, o por diversos ciclos de un mismo cultivo con irrigación. Por el contrario, en las regiones templadas, donde la estación productiva no es más que de 6 meses, el dominio total del medio por la ciencia y la técnica da lugar a problemas de superproducción;
- El extraordinario arsenal de que disponen los Servicios meteorológicos, organi-

zados a escala planetaria, para vigilar la atmósfera con un coste aproximado de dos mil millones de dólares por año, produce un enorme flujo de información diaria relativa a la evolución del tiempo. De este flujo de datos, si bien se emplean para la seguridad de los vuelos aéreos, no se transmite prácticamente nada a la masa de campesinos de los países menos desarrollados, para que puedan estabilizar su seguridad alimentaria, cuando son precisamente estas masas las que están más ansiosas por conocer el tiempo.

El problema del hambre no tiene otra solución, a largo plazo, que la explotación, intensificada por la ciencia y la técnica, del alto potencial productivo de los suelos y climas tropicales. Para esto se necesita:

- Producir en el mismo lugar los alimentos que una naturaleza tropical, a menudo generosa pero mal dominada, es capaz de ofrecer;
- Multiplicar el éxito de la revolución verde, actualmente puramente genética, mediante el éxito complementario de la revolución verde ecológica. Miles de millones de personas están a la espera de los beneficios de la misma;
- Renovar la enseñanza agronómica y agrícola, que desde su creación está demasiado enfocada al complejo suelo/planeta, lo que ecológicamente es falso, pues es necesario tener en cuenta la atmósfera y la ciencia que trata de ella, es decir, la meteorología;
- Revalorizar las carreras de agrónomo y de monitores de extensión agraria de las masas rurales y asignar a los Ministerios de Agricultura presupuestos dignos, del orden del 40 al 50 por 100 de PNB, que es lo que la producción agrícola representa;
- Coordinar las actividades reforzadas de los Servicios nacionales de la meteorología, la agricultura y la investigación agronómica;
- Elevar esta coordinación al verdadero nivel internacional del problema del hambre, donde bajo los auspicios de los dirigentes de las importantes instituciones mundiales, se establezca una vigilancia agrometeorológica en el Tercer Mundo, con los medios adecuados a la medida del problema.



Un grupo de estudiantes con el Profesor Bernard, durante un estudio ecológico de campo, aguas arriba del río Mosa.

Entre estas seis condiciones necesarias para el éxito de las operaciones agrometeorológicas, la sexta es la más importante, pues su puesta en marcha arrastraría progresivamente las otras cinco. Para realizarla, propiciando un plan de acción agrometeorológica para el Tercer Mundo*, es preciso inspirarse en el funcionamiento de las instituciones internacionales que tanto acierto han tenido con la revolución verde genética, y sacar buenas consecuencias de sus éxitos.

COMITE CIENTIFICO MIXTO OMM/CIUC

SEXTA REUNION, LONDRES, FEBRERO/MARZO DE 1985

La sexta reunión del Comité Científico Mixto (CCM) tuvo lugar entre el 26 de febrero y el 5 de marzo en los locales de la Royal Society en Londres y bajo la presidencia de Sir John Mason. Mientras que en las dos reuniones anteriores del CCM se dedicaron la mayor parte de sus discusiones al planteamiento científico del Programa Mundial de Investigación Climática, en esta ocasión la atención se centró en las actividades actuales del PMIC, en la primera ejecución del plan, en las relaciones entre el PMIC y otras disciplinas relativas a las ciencias de la Tierra y en los efectos potenciales de una guerra nuclear en el tiempo y el clima. Algunos de los puntos más sobresalientes que se suscitaron en las discusiones se describen en los párrafos siguientes.

Programa mundial de investigación climática

Programa sobre los fenómenos en la superficie terrestre y el clima

El CCM aprobó una propuesta patrocinada por Francia para la realización de un estudio de los campos atmosférico e hidrológico en el suroeste de Francia, en 1986, para probar las técnicas de medida de la evaporación, del almacenamiento de humedad en el suelo y de la escorrentía sobre una escala de unos 100 km, el propósito es evaluar los esquemas de parametrización actualmente usados en los modelos de la circulación general (MCG). Aunque, en principio, parece adecuada la red meteorológica e hidrológica de superficie, existente en la actualidad, para cumplir los objetivos formulados por el Experimento Piloto Atmosférico e Hidrológico (HAPEX) (véase *Boletín de la OMM* 33 (3) pág. 247), el CCM indicó que, sin embargo, sería necesaria la cooperación internacional para proporcionar al menos un avión instrumentado para realizar las medidas del flujo turbulento en la capa límite sobre los lugares de experimentación, durante el período de observación intensiva.

La AIMFA y el COSPAR están contribuyendo a un Proyecto Internacional sobre la climatología de la superficie terrestre mediante satélites con el fin de generar unos conjuntos de datos del albedo, de la temperatura del aire en superficie y de las características de la superficie terrestre y la vegetación. Dado que se adapta muy bien al esquema del programa de investigación sobre los fenómenos en la superficie terrestre y el clima, el CCM acordó realizar el proyecto como una actividad conjunta dentro del PMIC.

* El esquema justificativo de este Plan ha sido expuesto en un artículo del autor titulado: "Météorologie et Production alimentaire du Tiers Monde", (*Bulletin des séances de l'Académie Royale des sciences d'Outre-Mer*, Bruselas, (1984), pp. 583-598).