PN-ABS-160 ISN-89604

CIMMYT 25
1966-1991

International Agricultural Research: The Next 25 Years

On the Occasion of CIMMYT's 25th Anniversary
1966-1991

Investigación agrícola internacional: Los próximos 25 años

En ocasión del 25º aniversario del CIMMYT
1966-1991

CIMMYT 25
1966·1991

INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH: THE NEXT 25 YEARS

EN OCASIÓN DEL 25° ANIVERSARIO DEL CIMMYT 1966-1991

INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Apartado postal 6-641, C.P. 06600, México, D.F., México

CIMMYT is an internationally funded, nonprofit scientific research and training organization. Headquartered in Mexico, the Center is engaged in a worldwide research program for maize, wheat, and triticale, with emphasis on improving the productivity of agricultural resources in developing countries. It is one of 16 nonprofit international agricultural research and training centers supported by the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), which is sponsored by the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the International Bank for Reconstruction and Development (World Bank), and the United Nations Development Programme (UNDP). The CGIAR consists of a combination of 40 donor countries, international and regional organizations, and private foundations.

CIMMYT receives core support through the CGIAR from a number of sources, including the international aid agencies of Australia, Austria, Belgium, Brazil, Canada, China, Denmark, Finland, France, Germany, India, Italy, Iran, Japan, Mexico, the Netherlands, Norway, the Philippines, the Republic of Korea, Spain, Switzerland, the United Kingdom, and the USA, and from the European Economic Commission, Ford Foundation, Inter-American Development Bank, the OPEC Fund for International Development, UNDP, and the World Bank. CIMMYT also receives non-CGIAR extra-core support from the International Development Research Centre (IDRC) of Canada, the Rockefeller Foundation, and many of the core donors listed above.

Responsibility for this publication rests solely with CIMMYT.

Correct Citation: CIMMYT. 1992. International Agricultural Research: The Next 25 Years. On the Occasion of CIMMYT's 25th Anniversary, 1966-1991. Mexico, D.F.: CIMMYT.

ISBN: 968-6127-68-2

AGROVOC descriptors: Agricultural development, agricultural policies, developing countries, international cooperation, research institutions, *Triticum aestivum, Zea mays.*

AGRIS category codes: A50, A01.
Dewey decimal classification: 630

Editing: Kelly Cassaday, Gene Hettel, and Alma McNab
Design: Miguel Mellado E.
Design assistant: J. Luis Delgado

CONTENTS/CONTENIDO

v/vi **Preface/Prefacio**

1 **Inaugural Address**
Ernesto Enríquez Rubio

Global Issues in Agricultural Research
Moderator: Burton Matthews

7 **Agricultural Development in the Third World: Recent Past and Future Directions**
Michel Petit and Jock R. Anderson

13/15 **Responses:**
Derek Byerlee
Leopoldo Solís

18 **Agriculture-Environment Interactions**
Alvaro Umaña Quesada

25 **Response:**
Renée Lafitte

Strategic Issues for Maize and Wheat Research
Moderator: Guy Vallaeys

29 **Future Scientific Contributions to Maize and Wheat**
Sir Ralph Riley

38/40 **Responses:**
Luis Herrera-Estrella
Sanjaya Rajaram

42 **Expected Changes in World Cereal Economies over the Next 25 Years**
Richard Perkins

53/56 **Responses:**
Sergio Cházaro Loaiza
Michael Morris

59 **Closing Remarks**
Donald L. Winkelmann

63 **Biodata of Speakers and Discussants**

68 **Discurso inaugural**
Ernesto Enríquez Rubio

Temas globales para la investigación agrícola
Moderador: Burton Matthews

74 **El desarrollo agrícola en el Tercer Mundo: Orientaciones recientes y futuras**
Michel Petit y Jock R. Anderson

81/83 **Respuestas:**
Derek Byerlee
Leopoldo Solís

86 **Interacción entre la agricultura y el medio ambiente**
Alvaro Umaña Quesada

94 **Respuesta:**
Renée Lafitte

Temas estratégicos para la investigación sobre el maíz y el trigo
Moderador: Guy Vallaeys

98 **Contribuciones científicas futuras en el maíz y el trigo**
Sir Ralph Riley

107/110 **Respuestas:**
Luis Herrera-Estrella
Sanjaya Rajaram

112 **Cambios previstos en las economías mundiales de los cereales en los próximos 25 años**
Richard Perkins

125/128 **Respuestas:**
Sergio Cházaro Loaiza
Michael Morris

131 **Observaciones finales**
Donald L. Winkelmann

136 **Datos de los ponentes y comentaristas**

PREFACE

On December 6, 1991, CIMMYT staff and distinguished guests gathered at El Batan headquarters in Mexico to commemorate the 25th anniversary of CIMMYT's founding. Speakers, donor representatives, officials of the Mexican Government and its agricultural research community, members of our Board of Trustees, selected CIMMYT alumni, and other prominent visitors joined in a reaffirmation of commitment to opening options for the poor in developing countries by increasing the productivity of resources committed to maize and wheat while protecting natural resources.

The centerpiece of the day-long commemoration was a morning symposium that took a thought-provoking look at the next 25 years of international agricultural research. Eminent speakers and discussants first addressed general global issues on the topic and later embraced more specific strategic issues for maize and wheat research as they relate to CIMMYT's mandate.

The speakers provided clear messages on the inevitability of change and the critical interactions between productivity and the environment. The presentations contained in this commemorative monograph, beginning on page 1 in English and page 68 in Spanish, provide helpful guidance to CIMMYT and its stakeholders as we chart our course into the next quarter-century.

PREFACIO

El 6 de diciembre de 1991, el personal del CIMMYT y sus distinguidos huéspedes se reunieron en la sede en El Batán, Edo. de México, para conmemorar el 25o aniversario de la fundación del Centro. Entre la distinguida concurrencia figuraban representantes de los donadores, funcionarios del gobierno mexicano y miembros de su comunidad de investigadores agrícolas, varios miembros de nuestro Consejo Directivo, ex-becarios del CIMMYT y otros visitantes prominentes que se unieron para reafirmar nuestro compromiso de mejorar las opciones de los pobres de los países en vías de desarrollo incrementando la productividad de los recursos que se usan para producir el maíz y el trigo, al mismo tiempo que se asegura la protección de los recursos naturales.

El punto culminante de la conmemoracion fue la celebración de un simposio en el que se hicieron reflexiones útiles sobre los próximos 25 años de la investigación agrícola internacional. Los ponentes y respondientes abordaron en primer lugar los problemas mundiales generales y en segundo los aspectos estratégicos más específicos de la investigación del maíz y del trigo en cuanto atañe al cumplimiento de la misión del CIMMYT.

Los oradores describieron los cambios que inevitablemente ocurrirán y señalaron la importancia de las interacciones entre la productividad y el medio ambiente. Las ponencias que se incluyen en esta monografía conmemorativa, comenzando en la página 1 en inglés y en la 68 en español, nos brindan una idea general del CIMMYT y de los organismos que con el se relacionan, en el momento en que se inician nuestros próximos 25 años.

Inaugural Address

Ernesto Enríquez Rubio
Undersecretary of Agriculture,
Mexico

Dr. Burton Matthews, Chairman of the Board of Trustees; Dr. Donald Winkelmann, Director General of CIMMYT; distinguished ambassadors, researchers, ladies and gentlemen:

In the past 20 years, the modern world has been characterized by change; lack of change is in fact regression, slow change results in immobilization. Democracy with social justice, liberty with legal guarantees, the fair opening of markets, political participation of majorities and minorities, these are the principles that are presently being debated all over the world. In the technological field, yesterday's radio waves are today's microwaves and optical fibers, what used to be plant breeding, today is biotechnology and tissue culture, what used to be clearing of lands without measuring ecological impact, today is sustainable agriculture.

Mexico could not remain untouched by these changes. First of all, Mexico, which was predominantly a centralized organization 10 years ago, has undergone dramatic change and has become decentralized. An organization based on political cronyism has made the change to a multiparty system. Now the state seeks to go from being predominantly administrative to assuming a leadership role; from a state advocating protectionism at all costs to one promoting productivity; from a state having only legal protection, it is becoming a state that emphasizes social justice.

In this context, Mexican agriculture is also undergoing dramatic changes. First of all, from emphasizing the push of supply it is changing to emphasizing the pull of demand. One example suffices: the case of Mexican wheat illustrates the transformation from a closed economy in which the state was responsible for distribution. Wheat prices were the same everywhere, regardless of where it was produced or whether it had been transported 3,000 kilometers and stored for 11 months. Thus, the northwestern part of the country produces 93% of the domestic wheat production in 45 days; 70% of this production is shipped more than 1500 kilometers and stored for 11 months before being sold. By opening up the market, there will be substantial change in the farms that produce wheat and in wheat cropping patterns in Mexico.

The second point is to base agriculture on real costs. Until 4 years ago, Mexican agriculture was subsidized in different ways: in interest rates, insurance costs, fertilizer prices, water quotas and fees, shipping and marketing costs. Shifting to a policy based on real costs implies another dramatic change for the country. For example, until a few years ago, producers and the authorities would get together in managing committees to discuss costs and raise them as much as possible, since credit was granted and prices were fixed based on costs. Today, crop prices, except in the case of maize and beans, are fixed based on market prices and international references, plus a protective margin. Credit has undergone a substantial change in the last 2 years. Now it is no longer granted based on production costs, but on expected production and income, which is what determines repayment capacity. Insurance went from credit insurance that accounted for 85% of total repaid loans, to insurance covering catastrophic damages that protects producers against events beyond their control.

Fertilizer policy has changed completely. Southeastern Mexico is where most fertilizer is produced. Fertilizer prices were the same in the southeast as in the northwest or the northeast and, consequently, the less developed southeastern regions subsidized the shipping charges of more developed areas. As a result, the southeast's comparative advantage because of its proximity to areas where fertilizers are produced was voided. In contrast, its comparative disadvantage increased because of its lower production of certain products compared with the northern states. Starting this year fertilizer prices are fixed based on distance. Borders were opened so that there may also be competition from foreign fertilizer companies. The state fertilizer company was sold and the number of fertilizer suppliers serving Mexican producers increased.

The state's monopoly in seed production and research has been dismantled so that private institutes and individuals may research, improve, and market seeds. There are substantial changes in distribution. Up to 3 years ago the government marketed practically all basic products; at present, it distributes only maize and beans and no more than 30% at that. Also, products may be freely shipped to any region.

Given these reforms it was necessary to make legislative changes. Laws imposed firm restrictions that kept the concept of private property from evolving. The third paragraph of Article 27 of the Constitution establishes two types of property, public and private. Private property is subject to restrictions in the public interest. Thus, private property includes property belonging to individuals, community property, and land belonging to ejidos. Community and ejido property are subject to more severe restrictions than smallholdings, e.g., restrictions of public domain, freedom, and association, as well as normal operational restrictions dictated by change. Thus, reforms now being debated in the legislature focus on three points, the first one pertaining to the legal guarantees that were eliminated by the agrarian land distribution.

Mexico is the only country in the world where agrarian land distribution occurred, and it has lasted 74 years. Legal guarantees mean that once the reforms are approved, the smallholder will not have to go to court to prove rightful ownership every time someone questions it. It also means that the community and ejido will no longer be subject to reviews every 2 years that could deprive them of the right to ownership that the nation has given them.

If the reforms are approved, community, ejido, and small landowners will be legally protected, a basic right that the government should guarantee. This means that it will be possible to go to court to settle differences between the different forms of land tenancy. Consequently, administrative authorities will no longer be able to give and to take away, to be both judge and party without being subject to the terms, conditions, duration and terms stipulated by any legal order.

Likewise, it clearly allows smallholdings and recognizes small forest property, which until now had not been defined. This will facilitate development, while severely sanctioning any attempt to take possession of large tracts that might lead to the formation of large landed estates. And finally, it will allow producers to make improvements, sanctioned until this year, which resulted in a vicious cycle that rewarded inefficiency and penalized efficiency. The reforms also place community and ejido under the protection of the constitution, putting them on equal footing and granting them the same guarantees and freedom as the smallholder. Indigenous communities and ejido and community land will also be protected because lands and forests may now be restored to community ownership. On the other hand, regardless of the type of land tenancy, producers will be able to form associations and transfer land ownership in several ways.

In support of these reforms, substantial changes are also needed in matters of credit. This reform will be accompanied by the return of capital to the farm sector. This will be accomplished by analyzing debts caused by economic adjustments, competition, and disasters in order to give new credit to thousands of producers. Next year, 21 billion pesos will be channeled in support of this measure—1.7 billion pesos to support irrigation

infrastructure. Also, a system in direct support of the producers will be established, focusing on the poorest among them. As a result of these agricultural policies, the efforts of producers and good years of rain, the country has once again become completely self-sufficient in maize and beans, producing 14 million and 1.2 million tons, respectively. With more than 4.2 million tons in wheat production, we are on the verge of achieving self-sufficiency in this crop as well.

This does not mean that all is well in Mexico's farming sector. Twenty-six percent of the economically active population still lives in rural areas. There has been a severe depletion of natural resources and the storage infrastructure is so inefficient that in some areas, 30% of production is lost due to lack of an adequate storage system. There are also transportation problems, but above all there is a great weakness in organized efforts to fulfill farmers' production needs.

In the coming months, we will work on implementing a scheme to organize farmers according to what they produce. The different farmer organizations will meet with manufacturers, businessmen, and researchers with the purpose of reaching a balance among themselves. Research will be evaluated by producers. Organizations will fix their prices and will determine with the banks the conditions on which their repayment capacity may be established. These organizations will be strengthened because the Federal Government will transfer to them all the facilities that it presently manages. In fact, the process has already begun; of the 650 facilities controlled by the Federal Government in 1990 (including factories, demonstration centers, laboratories, promotion centers, and quarantine control points), all but five will be in the hands of producer organizations before April 1992.

Maximum research and technology efforts are required to modernize the farm sector. In addition to linking producer associations, we need to establish agronomic provinces so that farmers may be free to produce wherever their comparative advantage allows them to achieve the income and welfare levels they seek. The Federal Government's extension system will change completely, and technical assistance will be managed, contracted, and paid for by producers. The Federal Government will have extension services only to the extent necessary to link technical assistance and research. Of a bureaucratic apparatus that totalled 35,000 employees, only 2,500 will remain before the end of 1994. Producers will contract technical assistance in four ways: 1) through direct payment, 2) on credit, 3) charging against expected production, and 4) decreasing reimbursements from the Federal Government over 3 years. In this way, producers will gradually assume the responsibility for technical assistance, with the understanding that it is not an expense, but an investment.

Nevertheless, these changes may not take place if we do not establish a network to protect the poorest sector of the population that would include: 1) bringing farmers together for

field demonstrations and production support, 2) direct support to producers to compensate for farmer subsidies in other countries, 3) training, and 4) infrastructure for starting alternative agricultural activities that are more productive (in the coming years, almost 2 million hectares will be converted to cattle raising or timberland). Other activities such as tourism and mining will be promoted, public works and investment projects will be used to generate temporary employment, while education, health services, and a special nutrition program will be promoted to gradually achieve the total conversion of Mexican agriculture over a period of 20 years.

The role of CIMMYT is extremely relevant in this context, for, since its inception, it has been associated with wheat production in Mexico. More than 90% of domestic wheat production, that is to say more than 3.5 million tons each year, come from germplasm generated by the Center. CIMMYT has also developed maize varieties and it is conducting an intensive research program aimed at developing improved germplasm adapted to the highland valleys of Mexico. We cannot speak of CIMMYT without mentioning Dr. Norman Borlaug and Dr. Edwin Wellhausen, two men who have made enormous contributions to national wheat and maize production. The 100 Mexican researchers who have come to CIMMYT to acquire new knowledge and technologies should also be remembered. In addition, I would like to mention the 850 Mexicans who work at CIMMYT every day and who thus contribute to increasing farm production and productivity. The coming years will mean enormous work for CIMMYT and for Mexico's INIFAP, an institution that encompasses all aspects of forestry, agricultural, and livestock research.

The Secretary of Agriculture and Water Resources has instructed me to propose to you five basic areas of work. The first of them is regionalization based on production potential. Next year, we will initiate an intensive program that will include technical assistance, improved seed management, and fertilization to be coordinated by INIFAP in collaboration with CIMMYT. This program will cover an area of 1.3 million hectares, where it is expected to increase maize and bean production by at least 50% in the next 2 years. Although CIMMYT and INIFAP will assume most of the burden and responsibility for the program, the Federal and State Governments will allocate more than 150 billion pesos to it.

The second proposed area is to increase productivity in the highlands of Mexico, where two-thirds of the highland area planted to maize in the world is found. A substantial effort is needed to increase yields and improve cold tolerance. Productivity in the Central Highlands will also have to be increased and new wheat varieties will have to be adopted in order to meet the demands of a market more concerned with quality than with quantity.

The third point is to accelerate the development of income-generating technologies that lower costs, and most importantly, contribute to sustainable agriculture, since the protection of ecosystems is a priority that cannot be ignored.

The fourth point implies the association of INIFAP and CIMMYT in programs to introduce production alternatives in areas that cannot now compete in the market. The last point demands that technologies and added value be incorporated in order to link basic production and processing.

Ladies and gentlemen, the Secretary has instructed me to transmit to you the recognition that this organization deserves for 25 years of service to humanity and for the transcendental impact that it has had on Mexico's agricultural production. Finally, the Government of Mexico hopes to demonstrate that, with the combined effort of institutions such as CIMMYT and state organizations, and with the support of producers, in the coming years it will be possible to achieve an unprecedented transformation in Mexican agriculture. Thank you very much.

Agricultural Development in the Third World: Recent Past and Future Directions

Michel Petit,* Director, and Jock R. Anderson, Principal Economist, Agriculture and Rural Development Department, International Bank for Reconstruction and Development (World Bank)

*Did not attend symposium.

Abstract

Technological progress is the one fairly reliable key to unlocking the future productivity gains needed to ensure adequate supplies of food, and investment in knowledge to enhance the productivity of the agricultural resource base is the critical investment priority for the future. A strategy for general agricultural development would need to consider the following elements: 1) the reform of inefficient policies; 2) the enhancement of institutions generally, and specifically those serving agriculture; 3) an action program for improving management of the natural resource base; and 4) continued technological progress through sustained investment in agricultural research and knowledge-related activities, especially the educational system. What CIMMYT does best is to focus on improving the productivity of crops that the poor consume; that is also what is best done for alleviating poverty and spurring economic growth. The challenges facing CIMMYT and other international centers are 1) to find new ways of working with national agricultural research systems to improve the global system of agricultural technology generation, diffusion, and implementation; and 2) to give greater attention to aspects of their broadened research portfolios (e.g., research related to more marginal environments and to the sustainability of farming systems).

As representatives of the World Bank, we are delighted to have this opportunity to participate in this rather special commemoration. It is special in many ways, as is CIMMYT itself. Some of the commentators on the possible evolution of the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) during its formative years spoke loosely of the "natural life" of the international centers as being something of the order of 25 years. We were not among such speculators and today, parenthetically and to express our personal opinion, we see that the need for CIMMYT or something very much like it will go on for several more decades at least and probably rather longer.

Key Roles for Agriculture in Development

This is not the right time or place to attempt a considered review of the diverse roles that have been speculated on for agriculture. Rather, we wish to concur with the consensus that has emerged that, at least in the many agrarian economies of the less-developed world, agriculture does play a fundamental role as an engine of economic growth. Millions of poor people live and struggle to subsist in the rural areas of such economies and the most efficient way of engaging them in the process of economic growth is through agricultural growth. Boosting the role of agriculture can be done in many different ways, of course. In an earlier era, for example, the provision of irrigation services was one such central driving force and one in which our own agency was very much involved. The effectiveness of such infrastructural development was, as all in this audience know, greatly boosted in the 1960s and 70s through the arrival of modern cereal varieties and the greatly increased availability of fertilizers for the irrigated and the better watered sectors. Times have changed, however, and as we now look at the prospects for further increases in economically irrigated areas we find limited scope and, relatedly, much concern for the sustenance of existing and many now aging rural infrastructures centered on irrigation facilities. We in the Bank have been sufficiently concerned by this to have launched several action programs in various nations through irrigation sector reviews, through our strong support for the International Irrigation Management Institute (IMMI), and most recently through a major new initiative for technical research on irrigation and drainage to begin to address some of these problems which have been under-recognized and under-attended in recent decades. In spite of talk to the contrary, the Bank is indeed interested in and active in solving technological problems.

Many studies have shown that technology-driven agricultural growth can contribute significantly to growth in national income and they need not be revisited here. A large, if more contentious, literature discusses the poverty-reducing impact of technological change (Lipton and Longhurst 1989; Hazell and Ramasamy 1991).

Nonfarm linkages generated by technical change in agriculture can accentuate both the economic growth and the poverty-reducing impact of agricultural improvement. A growing agriculture demands nonfarm production inputs and it supplies raw materials to transport, processing, and marketing firms. Likewise, increases in farm income lead to greater demand for consumer goods and services. In addition to stimulating national economic growth, these production and consumption linkages affect poverty and spatial growth

patterns, particularly when agricultural growth takes place on the many small- and medium-sized farms (Johnston and Kilby 1975; Mellor 1976). Because much of the resultant growth in nonfarm activity is located in rural areas and small towns, it can also contribute to the containment of rural to urban migration. Moreover, the kinds of nonfarm goods and services demanded by small- and medium-sized farms are often those produced by small, labor-intensive enterprises whose growth in turn can contribute to increased employment and income-earning opportunities for the poor. These effects have proved to be quite powerful in Asia (e.g., Bell et al. 1982; Hazell and Ramasamy 1991), but are seemingly weaker in sub-Saharan Africa (Haggblade et al. 1989; Haggblade and Hazell 1989).

Debate in the area of poverty alleviation has been assisted through the publication of the World Development Report 1990 on poverty, which observed, inter alia (p. 29) that "poverty...tends to be at its worst in rural areas [, as are] problems of malnutrition, lack of education, low life expectancy, and substandard housing....This is still true in Latin America, despite high urbanization rates....Rural poverty is a critical factor in the overall incidence and depth of poverty." Definitional issues persist, but the evidence is overwhelming that development agencies must focus their programs more directly on this basic problem and seek more urgently effective means for improving the situation, much of which must be found within rural areas. This is a problem for agencies such as ours. As such, it does not seem to deserve a dominant place per se on the research agenda of technologically oriented institutions such as CIMMYT. We have recently seen how the Technical Advisory Committee (TAC), in its latest Priorities Paper, is addressing poverty dimensions in its system-wide approach to resource allocation. CIMMYT must be, and surely is, mindful that being driven excessively by equity objectives may come at considerable cost in terms of overall efficiency objectives. Meantime, focusing on boosting generally the productivity of crops that the poor consume is what CIMMYT does best and it is also what is best done for poverty alleviation as well as economic growth.

Prospects for the Future

As we have noted, the continuing dynamics of population growth oblige us to confront ever-growing populations, especially so in the presently less-developed world. The forces operating here are unlikely to abate before CIMMYT's Golden Anniversary and we must thus prepare ourselves accordingly. The demands for food and, to a lesser extent, fiber will put great pressures on the natural resources that support agriculture. Some observers, such as Brown (1990), are exceedingly concerned about these trends and speak in terms that could only be described as "Malthusian Alarmist" in contemplating the prospects. Our own perceptions are more sanguine, although not to the extent of the more optimistic contemporary commentators such as Avery (1991). As we have reflected on the issues, it is clear that many of the traditional sources of agricultural growth are in many areas no longer available to us. In much of Asia the contributions of new lands are minuscule. There are opportunities for additional lands to be diverted to cultivated agriculture, in parts of Latin America especially and, to a more limited extent, in Africa, but even in these cases we must look for the answer to future demands beyond agricultural land per se. Similar concerns

attach to opportunities for new irrigated lands. Tying together these concerns—and for brevity today skipping over other related and possibly changing resource situations such as those involving climate and plant genetic resources—it is our diagnosis that the one fairly reliable key to underpinning the future productivity gains that will be needed on the supply side of the world food equation is technological progress.

This theme has been elaborated in a recent draft report we have prepared in our department concerning the state of agriculture over the decades to 2030. The definitive work has yet to be done in this field, but our assessment is that investment in knowledge contributing to enhanced productivity of the agricultural resource base is the critical investment priority for the future. Institutionalizing such an investment has naturally both international and, most critically, national aspects and we in the Bank are addressing these as best we can. Let us thus now turn to the elements of a general agricultural development.

Strategic Considerations for Development Agencies

Several general themes have been pursued in the development strategies of agencies involved in such assistance, usually applied on country-by-country and region-by-region basis. Let us deal with the major ones briefly in turn.

Policy Reform—As one active development agency, the Bank has played a strong moving (some may even say "pushy") role in addressing the need for reform on inefficient policies. This has been the major thrust of policy lending in the past decade or so which replaced many of the more traditional project-oriented activities. Sectoral adjustment loans have featured a variety of policy reform measures. Much progress has been made in "getting prices right" on both input and output sides in many parts of the world, although much remains to be done. If only such progress could have been more universal. Some of the measures, such as the phasing out of fertilizer subsidies, have not won the active agencies many friends among some of the technologically oriented international research centers, but the case against fertilizer subsidies, for example, has been an overwhelming one. The gains in the overall successes in greater equity and greater economic efficiency through the reduction in such input-subsidy programs have doubtless been real. The story of agricultural credit, closely related in many cases, is a less happy one in many respects—but that's a story for another day. In spite of some success, this process of policy reform has often been halted and when it has begun, it has seldom been complete. Thus the need to pursue it is very general. But we also know that "getting prices right" will not be sufficient. Other components of a global strategy must also be attended to.

Institutional Capacity—The enhancement of institutions generally, and those serving agriculture specifically, is clearly a key development priority and is one that is surging to the top of the contemporary agenda. We have seen a growing awareness of the importance of governance. Looking at the quality of governance in many countries, however, gives one no great cause for comfort. Development agencies' capacity for work in this regard is, unfortunately, all too limited. The Bank has experimented with many devices including, at

the more modest level, the Economic Development Institute's policy seminar system for broadening the experiential base of key national decision makers—and there is soon to be one on agricultural research policy in East Africa, for example—through to lending programs directly addressed to novel institutional modifications. In the field of agricultural research, for instance, we are attempting to lend for more efficient and more responsible national agricultural research coordinating and planning mechanisms. Some of our monitoring and evaluation work has been designed to strengthen other efforts in institutional reform. In the agricultural area, we have been assisted by the International Service for National Agricultural Research (ISNAR) on many of the agricultural research initiatives, and we have our own several "experimental" programs in the agricultural extension field. The issues range over all these service sectors from credit through physical inputs to the management of rural infrastructure. All these elements have their own critical parts to play and the challenge is thus large, providing ample opportunity for the development community. Bilateral support, for instance, is likely to be a crucial element in strategies for strengthening national institutional capacities.

Natural Resource Management—The third major plank in any broad development strategy must be an action program addressed to improved management of the natural resource base—whether these resources be soils, water, forests, the atmosphere or whatever. Our attention to these matters has surely been heightened through the activities of the Green Movement in recent years, but the issues are of a more transcending importance, an importance that has been too slow in its recognition within the development community. At last, however, many positive initiatives are in hand and, while it will take considerable time for the new initiatives to make much impact in the world, the steps that have been taken in recent years are in the right direction. The agricultural research community generally, and especially in recent times those elements linked to the CGIAR, are turning around their research priorities significantly to accord with this and it is pleasing indeed to note that CIMMYT is no exception in this regard. While the commodity focus already mentioned must continue, the work that CIMMYT and its partners already have in hand for measuring more carefully and for broadening the research agenda to encompass environmental dimensions is commendable indeed. Development agencies too have made significant adjustments to their own staff resource allocations to address these issues and, again, our own organization is no exception in this regard. We must all change our practices from the often too short-sighted methods of the past as we work towards leaving the natural resources of the world in reasonable shape for future generations.

Technological Progress—And so we come to the item that impresses us as being of the highest priority. As noted above, the only feasible solution to many of our agricultural growth and related economic development issues is through continued technological progress, which can only come through sustained investment in agricultural research and knowledge-related activities. In this we see one area of especially great concern being the educational system and its specialized agricultural elements, which in many cases have run to low and ineffectual levels. Here too there is great scope for both bilateral and

multilateral assistance in addressing new initiatives for the agricultural knowledge system generally in less-developed countries. Our nets need to be cast widely to incorporate the educational components of such systems as well as the research, extension, and development agencies that must be actively involved. We are highly conscious that the private sector has many potential, and still underdeveloped, contributions to make in some of these processes and we must pursue such opportunities with renewed vigor. We in the Bank's Agriculture Department are presently actively engaged in examining new needs in fostering seed industries, as one particular example.

We have been greatly concerned about improving the effectiveness of advance in agricultural technology generation and transfer. Efforts within the Special Program for African Agricultural Research (SPAAR), particularly with the assistance of the Bank's Africa Region agriculturalists, have been focused on greater regional cooperation and rationalization of the scarce human resources presently available to national systems. There are major initiatives in hand in both the Sahel and Southern Africa regions. But there is so much more that needs to be done and we thus need fresh thinking as to how we can all do better in all these and related fields. In this respect, the challenge facing international centers, including CIMMYT, is to find new ways of doing business with the national agricultural research systems (NARSs), since in many cases—notably in sub-Saharan Africa—the global agricultural technology generation-diffusion-implementation system is not effective.

CIMMYT: Next 25 Years

We come today to enjoy your commemoration and not to pontificate on your future. There are, it seems to us, more than ample institutional sources of advice from the donor community of the CGIAR, the various procedures associated with the TAC, and CIMMYT's own impressive internal review structures, all providing cogent advice on implications. It is thus not for us to draw out any implications from our own few observations, but rather to commend institutional flexibility inherent in the several initiatives already being implemented at CIMMYT. Clearly, a strong commitment to the basic commodity-focused research that has worked so well in the past will be a continuing feature of your work. This must be sustained at significant levels in spite of the increasing attention that must be given to other aspects of the broadened portfolio, including your attention to the more marginal areas that have been rather circumvented by past significant achievements and for the many activities you have directed to the increasing sustainability of farming systems—systems that are generally being intensified and in many ways made more stressful. What we see and hear gives us great faith that you have considered the challenging difficulties of these issues and made some hard judgements about the needed trade offs in distilling your own priorities. The nature of our world is such that these are anything but fixed and we also see that you have embedded in your own planning procedures a high degree of adaptability and responsiveness to newly perceived priorities. As you embark upon this absolutely vital work, you can be reassured that you have a reliable and we hope strong friend in the World Bank. We wish you all the best for your next 25 years.

References

Avery, D.T. 1991. Global Food Progress 1991. Indianapolis, Indiana: Hudson Institute.

Bell, C., P.B.R. Hazell, and R. Slade. 1982. Project Evaluation in Regional Perspective: A Study of an Irrigation Project in Northwest Malaysia. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins.

Brown, L.R. 1991. State of the World 1990. New York, New York: Morton for Worldwatch Institute.

Haggblade, S., P.B.R. Hazell, and J. Brown. 1989. Farm-nonfarm linkages in rural Sub-Saharan Africa. World Development 17(8):1173-1201.

Haggblade, S., and P.B.R. Hazell. 1989. Agricultural technology and farm-nonfarm growth linkages. Agricultural Economics 3:345-64.

Hazell, P., and C. Ramasamy. 1991. The Green Revolution Reconsidered: The Impact of the High-Yielding Rice Varieties in South India. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins.

Johnston, B., and P. Kilby. 1975. Agriculture and Structural Transformation in Late-Developing Countries. London: Oxford University Press.

Lipton, M., and R. Longhurst. 1989. New Seeds and Poor People. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins.

Mellor, J.W. 1976. The New Economics of Growth: A Strategy for India and the Developing World. Ithaca, New York: Cornell University Press.

Responses

Derek Byerlee
Director, CIMMYT Economics Program

First, let me thank Drs. Petit and Anderson for providing us this background paper to help CIMMYT in thinking about agricultural development in the next 25 years. We are also most grateful to Dr. Anderson for the special effort he made to attend this symposium (travelling from Bangkok only yesterday). Given that the World Bank is a co-sponsor of the CGIAR, a major donor to CIMMYT, and a leader in development ideas in its own right, we appreciate the strong endorsement that Petit and Anderson give to the role of technical change in agricultural development and the important role they project for CIMMYT in this process of change over the next 25 years.

They emphasize the key role of technical change in agriculture as an engine of overall economic growth in low-income countries. Technical progress can also be an important element in sustaining the resource base, both directly through development of "environmental-friendly" technologies, and indirectly through reducing the pressure to move to more marginal lands. Finally, technical change in basic food grain production has been an important mechanism for alleviating poverty in many countries, especially in Asia, although I agree with Petit and Anderson that technical change is generally a blunt instrument for solving deep-seated poverty problems.

All of this is good news for CIMMYT in identifying its role for the next 25 years. But we should ask how will the role of agriculture in economic development be different in the next 25 years compared to that of the past 25 years and what does this imply for CIMMYT's future strategy?

First, for those low income countries that have yet to experience rapid technical change in basic food staples, it remains a major challenge for all of us, both in international and in national research systems, to provide the basis for technical progress over the next 25 years. Most of these low income countries are in sub-Saharan Africa, where both per capita food production and rural incomes have been declining. In many ways, the current situation in Africa parallels the situation in Asia 25 years ago, and rapid technical progress in basic food staples, such as maize, combined with an appropriate policy environment, is a key to the solution.

Let us now turn to the low and middle income countries that have already experienced rapid transformation of their agricultural sector through technical change. In these countries, most of which are in Asia and Latin America, the situation we face now is quite different to that of 25 years ago. In the first place, the type of technical change now required at this stage of development will be much more knowledge- and skill-intensive than in the past. Secondly, incomes in these countries have now reached a level where food grains will tend to decline both as a share of farmers' incomes and as a share of consumers' expenditures. This reflects the natural process of diversification associated with economic development as consumers demand higher value food products such as fruits and vegetables, and meat and milk, and as rural areas develop a wider range of economic activities, including nonfarm jobs.

Finally, the process of agricultural policy reform that has characterized the decade of the 1980s, both at the national level and (hopefully) the international level, is leading to more open markets for agricultural products, especially for cereals, which in the past have been strongly influenced by government interventions.

These three major changes in the economic environment—a new stage of technical change, diversification, and policy reform—have several possible implications for CIMMYT:

- Land saving technical change in basic foods will continue to be an engine of growth by freeing resources to facilitate the process of diversification. However, research systems will need to evolve rapidly to accommodate a more knowledge intensive stage of technical change.

- Diversification may reduce some of the pressures on the resource base brought about through continuous cropping of food staples such as rice and wheat. This process is already well underway in many irrigated farming systems.

- More open economies will lead to greater specialization both between and within countries, and we need to ask what are the implications of this new policy environment for CIMMYT. For example, under free trade in cereals, "Will there be a role for wheat in the warmer tropics?" or "Will maize continue to be an important crop in marginal areas of Latin America?" or "Will the rapid increase in the demand for maize in Asia be met by increased domestic production or by imports?"

- Increasing incomes and more open economies may weaken the link between increasing food grain productivity and reduction in poverty through lower prices for food staples. This is because in an open economy increases in agricultural productivity are less likely to be translated into lower prices for consumers. Rather they will be reflected in changes in food grain imports or exports.

It is beyond the scope of this brief commentary to attempt to explore these issues further, but clearly all of us who work in agricultural research systems are now dealing with a more dynamic and interlinked world than in the past, and we will need to continuously monitor these types of economic changes as we revise our strategies. Thank you.

LEOPOLDO SOLÍS
DIRECTOR GENERAL, LUCAS ALAMÁN INSTITUTE OF ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH, MEXICO

Dr. Anderson mentions that irrigation services significantly boosted agricultural growth in the past. However, times have changed, and potentially irrigable areas have become scarce. Therefore, factors that previously promoted agricultural growth, such as expansion of irrigated areas, will be less important in the future. Likewise, Dr. Anderson emphasizes the need to think in terms of small irrigation districts, which present different administrative problems compared to large irrigation districts. However, I believe that managing a large irrigation district presents fewer administrative problems than managing many small ones.

Dr. Anderson explains that most nonfarm jobs, which are nonetheless related to agriculture, are found in small rural villages. Encouraging such activities could help keep people from leaving their villages and emigrating to heavily populated areas such as Mexico City. The flow of these emigrants to already heavily populated areas is the source of serious problems.

He states CIMMYT believes that placing too much emphasis on equity considerations could result in heavy losses in efficiency since there is a trade-off between them. Taking into account only equity considerations or placing too much emphasis on them is very common and reflects a general concern for social justice. Equity considerations should be put above efficiency criteria only when efficiency in the use of resources is not affected. I completely support this point of view.

A point that particularly caught my attention was Dr. Anderson's strong interest in the objectives of commodity-based research, i.e., of research geared towards the production of basic food crops. I believe this type of research should receive special support in the future since it has undoubtedly produced good results in the past. I also believe CIMMYT is providing a good example of this type of research. Moreover, Dr. Anderson points out that agricultural research on smallholdings, on limited plots, and the like should be one of CIMMYT's future concerns. He did not voice this opinion as strongly as I have just expressed it; however, the fact that he did render this opinion strikes me as extremely important.

This is related to what Dr. Anderson said at the beginning of his presentation, namely, that agricultural growth based on expansion of cultivated areas will no longer happen on a large scale. This fact and continued population increase are causing a reduction in average farm size.

I believe that the successful performance of Mexican agriculture in the past—despite its numerous problems—is due largely to technological research based on previous experience, mainly in the midwestern United States. Because of similar production conditions in the Midwest, particularly Iowa, and in Mexico, those technologies were highly applicable in Mexico.

However, agricultural areas such as the Yaqui Valley in northwest Mexico are being depleted. We can therefore no longer depend on this region as an original source of knowledge, which in the past provided Mexican agriculture with highly profitable technological development. The depletion of these areas raises different problems for agricultural researchers and for CIMMYT. Dr. Anderson cautiously referred to these problems, and I fully agree. I would like to emphasize that one of the aforementioned points has become a recurring theme in discussions on these issues. I am referring to the need for achieving long-term agricultural capacity that is not based on the destruction of the natural resource base, but on maintaining agricultural productivity. We should

therefore try to increase long-term efficiency in the use of those resources. External economies should not be allowed to damage the natural resource base. On the contrary, this base should be maintained, strengthened, and developed. I believe this to be a very important point, as indicated by Dr. Anderson.

I would like to add that, because of the conditions under which Mexican agriculture has evolved, irrigated areas can no longer be expanded. We should consider tropical farmlands. I believe agricultural research should also be conducted in the well watered coastal areas around the Gulf and in the southeastern part of the country. This type of research has not been conducted nor encouraged in Mexico, despite the fact that it is being done in Central America.

In Bangladesh, I visited farms where British agricultural research efforts had led to the development of plant varieties, such as paddy wheat, which to me—since I don't know much about the subject—is absolutely amazing. I have heard that bread made from this wheat tastes just like bread made from wheat grown in northwestern Mexico or in Iowa.

We will have to consider technologies that are highly productive as we restructure or redirect Mexican agriculture. Conditions in areas such as the Papaloapan region are somewhat similar to those in Bangladesh. If indeed it is feasible, it would be a source of technological guidance and support, as the Midwest was and still is. As I said earlier, based on available resources, we should seek new technologies and methodologies as a means of developing Mexican agriculture.

In conclusion, I would like to say that it has been a pleasure to be at CIMMYT on the occasion of its 25th anniversary. CIMMYT has been a real blessing for Mexican agriculture, and more importantly, it has made significant contributions to improving the welfare of the Mexican people. I hope CIMMYT will continue to be as productive in the next 25, 50, and 100 years to come.

Agriculture-Environment Interactions

Alvaro Umaña Quesada
Vice President, Environmental Study Center, Central American Institute of Business Administration, Costa Rica

Abstract

In recent decades, agriculture has played a major role in the development strategies of Third World countries, both in meeting the demand for food for growing populations and in improving the welfare of rural and poor people by reducing hunger and generating employment and income. Although the technological advances in agriculture have been impressive, important problems remain to be solved, including those related to agriculture's effect on the environment. The impacts of agriculture on the environment include: 1) the expansion of cultivated area at the expense of forests, thus diminishing biodiversity, increasing soil erosion and degradation, and affecting the climate; and 2) the use of agrochemicals, especially fertilizers, pesticides, and herbicides (agrochemicals are often expensive—many are imported; they affect the health of agricultural laborers; and they have residual effects on agricultural products as well as soil, water, and air). The sources of these problems are numerous. For example, widespread monocropping of genotypically similar varieties can lead to an increase in diseases and pests. Also, macroeconomic policies have focused on short-term goals rather than on issues affecting smallholders, the environment, and the resource base. Problems in access to land, land tenure, and land distribution have given smallholders no choice but to clear forests for subsistence farming. To mitigate the negative effects of agriculture on the environment, a series of alternatives has been proposed, ranging from the use of traditional cropping

practices (multiple cropping to take advantage of favorable interactions among crop species), to the collection of native germplasm, integrated pest management, and so-called "sustainable agriculture." These alternatives seek to use natural inputs as much as possible and to minimize the use of fossil fuels and agrochemicals.

In recent decades, agriculture has played a major role in the development strategies of Third World countries. Starting in the early 1950s, the development process came to be synonymous with economic growth measured through the per capita increase of the Gross National Product (GNP). However, in the late 1960s and early 1970s, the original version was revised to include "redistribution growth."

Economic growth continued to be a basic objective, but it needed to be balanced with a concern for the lower income groups so that rural and poor people would also share the benefits of growth. Within this strategy, agriculture became a high priority because of its potential to promote rural development, reduce hunger and malnutrition, as well as generate jobs and foreign currency through agricultural exports. Thus, agriculture is still the principal engine of economic growth and development in many Third World countries.

At the same time, rapid population growth in those countries has generated an ever larger demand for food production. Partly as a result of this combination of factors, in the past decades achieving significant increases in global agricultural production has been given top priority. Technological advances in agriculture have been impressive and are generally included under the heading of the "Green Revolution." This term encompasses technological innovations and changes that may be divided as follows:

- Breeding programs for rice, maize, and cereals that led to high yielding, early maturing varieties with low sensitivity to day length.

- Organizing and distributing technology packages including inputs such as fertilizers and pesticides, as well as irrigation and water use efficiency.

- Implementation of technological innovations under favorable agroclimatic conditions in conjunction with farmers having high potential.

The impact of technological change in many Third World countries has been spectacular, especially in the case of rice, wheat, and maize, since a high percentage of the cultivated area in these countries are planted to high yielding varieties. FAO data indicate that per capita food production in developing countries has increased by more than 7% since the mid-1970s, with an increase of more than 27% in Asia. For example, seven countries that grow 85% of rice in Asia (Bangladesh, China, India, Indonesia, the Philippines, Sri Lanka, and Thailand) have produced an additional 27, 29, and 34 million tons by using high yielding varieties, fertilizer, and irrigation, respectively.

The institutions under the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) have played a highly important role in this process, which has received considerable international support from both industrialized countries and private organizations and foundations.

In spite of these achievements, important problems related to the unequal distribution of benefits, the environmental impact of agricultural production, the destruction of tropical forests, and the general loss of soils in almost all developing countries are yet to be solved. For example, despite the increase in global food production, Africa has experienced a strong per capita decrease. Even in countries where increases have been considerable, distribution has tended to be unequal because although high yielding varieties have been widely adopted, other factors have not been adequately controlled, i.e., soil quality, access to and use of water, fertilizer and agrochemical input prices, and other biophysical and agroclimatic factors.

Another important factor has been that many farmers have tended to change their traditional multiple cropping systems for monocropping high yielding varieties. Farmers who plant these varieties apply fertilizers and other chemical inputs and are thus subject to price variations, access to credit or lack of irrigation programs.

Widespread monocropping of genotypically similar varieties has also led to a greater incidence of diseases and pests. The indiscriminate use of pesticides has in some cases caused pest species to become resistant to pesticides, and this in turn has made it necessary to apply higher doses or new pesticides. Thus, there is a very real risk of starting a vicious circle where greater applications of new, more expensive products are needed.

Other important problems have to do with farm, energy and exchange rate policies of developing countries. In some cases, agricultural policy has focused on short-term objectives that fail to take into account the smallholders, the environment and the resource base (soil, water). In other cases, land tenure and marketing policies have tended to favor medium- to large-scale farmers.

The Concept of Sustainability

Another factor of great importance today is "sustainable development," a concept introduced to the international community by the Bruntland Commission, which ensures that the long-term effects of development do not damage the rightful heritage of future generations. More specifically, when referring to food security, the report calls for "increasing production to satisfy growing demands while at the same time preserving the basic ecological integrity of production systems."

This new vision has been widely accepted not only at the CGIAR, but also at the World Bank. The latter's recent review of renewable resource management in agriculture indicated that there are three basic criteria for successful agricultural development: "First,

it must be sustainable, ensuring the conservation and adequate use of renewable resources. Second, it must promote economic efficiency. Third, its benefits should be equitably distributed."

In turn, the CGIAR has begun to promote important changes among its centers through their strategic plans and by including environment and ecology experts in their Boards of Directors. Of particular significance is the decision to bring two agroforestry centers (one in Africa and another in Asia) into the system, and the greater emphasis placed on agriculture-forest interactions.

In general, today's tendency is toward a more integrated approach to farming with an ecological perspective, and much greater attention is given to energy, nutrients, and chemical inputs, as well as to the environmental impact and sustainability of production systems.

The Impact of Agriculture on the Environment

Traditionally, farmers in tropical countries have looked upon the forest as an enemy or obstacle that has to be removed to gain access to the soil, which they consider the basic productive resource. Traditional economic theory shares this vision, and the only valuable components of the forest are lumber and land. Water, wildlife, and the forest's capacity to regulate climate or recycle nutrients traditionally do not form part of economic analyses or else are assigned zero value.

Given that there have always been problems of access to land, land tenure, and land distribution, farmers in tropical regions have tended to invade the forest in the process of agricultural expansion. The exuberance of tropical jungles has led them to believe that their soils are fertile and nutrient-rich, which is totally untrue, for most nutrients are stored in the existing biomass, and soils under the forest are generally fragile and poor. Typically, the degradation cycle of a tropical jungle includes the clearing of areas where soils are best suited for forestry use, highly erodible and inappropriate for agriculture. The farmer first cuts down precious woods, usually in conjunction with a lumber dealer who offers him an access road and the possibility of marketing the product. Once the precious woods are removed, the farmer is left with a forest of low commercial value, which he removes and burns to plant subsistence crops. When the soil erodes and yields decrease, he sometimes decides to introduce pasture and livestock, which further accelerates erosion. In many cases, he ends up abandoning the area and beginning the same process in similar forest areas.

Of course, there are many other factors and causes, including direct reforestation by lumber dealers or cattle ranchers, which has been responsible for the loss of hundreds of square kilometers of tropical forest. At present, tropical deforestation is estimated at 150,000-200,000 square kilometers.

Today we are aware of the enormous biological diversity these ecosystems contain and the irreplaceable loss of this global heritage. Tropical forests may contain more than half, or perhaps as much as two thirds, of the earth's biological diversity, although they cover only 5% of the earth's surface. For this reason, deforestation and the loss of biological diversity are two of the most significant impacts of agricultural expansion, but not the only ones, since soil degradation as a result of erosion, agrochemical input use, inorganic salt concentration in irrigated soils, and the release of residual contaminants into the atmosphere are problems of growing importance.

It is difficult to obtain reliable data on soil erosion, since the problem is not easy to measure and occurs slowly over long periods. Nevertheless, in almost all tropical countries more than one fourth of the soils suffer severe erosion, and in close to half of the soils there is visible evidence of the problem. Some countries, such as Costa Rica, have tried to estimate the cost of soil depreciation caused by erosion. A recently completed study aimed at making a strict count of natural resources in Costa Rica is particularly important because it is the first attempt at estimating the value of soil loss over a 20-year period.

Given that forest, soil, and fishing resources in tropical countries are being exploited beyond their capacity to recuperate, the entire natural resource base is undergoing quantitative and qualitative deterioration. Its capacity to generate goods and services in the future has been significantly affected, and we should try to estimate this historic depreciation.

Estimating this loss in physical terms and assigning it an economic value is difficult and, in general, it is not yet possible to grasp the complexity of the interactions involved. For example, in estimating the value of forests, the appraisal takes into account lumber, but not resources such as water, energy, biodiversity, or climatic regulation. Nor is the growth in ecological tourism included, yet tourism has become the second most important source of foreign currency in Costa Rica. Approximately 1000 tourists arrive in Costa Rica every day, and two thirds of them visit national parks.

In the case of soils, the loss of nutrients was only considered as a by-product of erosion. Other losses caused by erosion, such as soil compaction or damage to the physical or chemical characteristics of the soil were not included. In the case of fishing resources, only the most important species was taken into account. Thus the results of the study reveal only a part of the loss suffered by the country.

In only two decades, from 1970 to 1989, forests, soils, and fishing resources depreciated by more than US$ 4 billion (184 billion colones in 1984). This sum exceeds the total value of the Gross National Product (GNP) per year. In the specific case of soils, nutrient losses range from 1.9 billion colones in 1970 to 2.576 billion in 1989. The accumulated loss

exceeds 50 billion colones and represents almost 30% of the overall loss, so that if the other factors mentioned above are included, the result is even more significant.

It is not possible to determine the total impact of these losses on the growth of the economy, but the World Resources Institute (WRI) considers that "using the simplest analysis, a capital loss of 5% of the GNP per year could have reduced the growth rate between 1.5 to 2% per year. Given that the historic rate was an average of 4.6%, this represents a 25-30% reduction in potential economic growth."

Thus, in addition to the problem of change in land use and deforestation, the loss of soils and nutrients is another real cost of the process of change. Farmers who try to clear away the forest to gain access to slopes or uneven zones to practice subsistence agriculture are contributing to a devastation process of which they themselves are the victims, for they have no other options.

Generally, government policies regarding land tenure, credit, high priority sectors, and all types of incentives have not fostered the preservation of forest areas. The forest has generally been seen as a source of precious tropical woods, for when an economist walks through the forest, he only considers the value of the wood and the land; all else is assigned zero value.

The Impact of Agrochemical Inputs

Another area of growing attention within agriculture-environment interactions relates to the use of agrochemical inputs, particularly fertilizers and pesticides. Their use has become widespread all over the world, and in some regions, such as Central America, their impact has been and continues to be considerable, not only because of the high incidence of toxic poisoning (mainly in El Salvador and Guatemala), but also because of their long-term effects.

The problem is complex because the use of these inputs is often illegal in their country of origin and they are manufactured solely for export. Also, tropical countries have not made sure proper training in the use of these products is provided. In general, the agricultural and health sectors have failed to work together on the issue.

A case in point is the sterilization of nearly 2,000 banana workers with nematicide DBCP during the 1970s. This case has become even more notorious because the State of Texas accepted jurisdiction over the demands of workers, who sued the manufacturers (Shell and Dow Chemical) and the banana company, Standard Fruit Co.

The improper use of agrochemical inputs is caused by ignorance and irresponsibility on the part of many players, including manufacturers, governments, importers, traders, and users. Negligence in the use of these products means that they are released into the

environment, and the total discharge into rivers and oceans is extremely high. For example, Florida marine biology laboratories detect levels of pesticides forbidden in the United States that come from Central America and Mexico.

Another growing concern with respect to the use of pesticides in agriculture is the so-called "toxic cycle." Typically, a pesticide that may not be legally used in the United States or Europe is applied to produce vegetables, fruits or plants for export in a developing country. The forbidden pesticide thus "returns" to its country of origin in the exported product.

A few weeks after the Texas Courts granted the banana workers' demands, a shipment from Costa Rica was, for the first time, rejected in the United States because of the excessive use of pesticides.

Even in industrialized countries, this is a difficult issue that may be a source of recurring conflict. For example, growth-enhancing hormones may be used on cattle in the United States but are banned in Europe, and Italian wines are kept from coming into the United States due to the presence of pesticides that have been banned in that country.

To sum it up, there are three consequences of agrochemical use. The first is their contribution to total input costs. Since they are generally imported, their cost is high and a cause for concern. The second is their impact on the health of agricultural workers. There has been considerable progress in this area, but there are still alarming examples in which innocent, defenseless groups are exposed to very high risks.

The third is their effect on agricultural products themselves and on the environment, i.e., water, soil, and air. Large amounts of nutrients and pesticides are washed from agricultural areas into rivers, lakes, and oceans, reaching all corners of the earth. Today, all human beings, and even penguins in the Antarctic, carry small amounts of pesticides in their fatty tissues. This is one of the small but significant changes that have occurred over the past 50 years.

Conclusions

The earth's continents extend over 1.15 million square kilometers, of which only 0.32 are potentially apt for agriculture, and only some 10-15% of this land has appropriate physical and chemical conditions. Thus, land suitable for agriculture is an extremely important resource, which is being lost at an annual rate of 50,000-70,000 square kilometers. Others estimate that global soil losses through erosion and degradation exceed 38,000 million tons over the last 300 years.

Although there is no consensus on their real value, it is important to note that these losses, together with deforestation of tropical forests, are the two most significant factors

contributing to the global impact of agricultural activities on the environment. There are also other important factors associated with the use of water and chemical inputs, particularly herbicides and pesticides.

To counteract these impacts, various measures have been proposed, from the adoption of traditional methods, multiple cropping with good interactions, preservation of indigenous germplasm, integrated pest management, and sustainable agriculture. These measures aim at making maximum use of natural inputs and promoting biological control to minimize the use of fossil fuels and chemical inputs. Similarly, they should lead to the adoption of soil conservation practices and agroforestry experimentation.

Although their usefulness is not universally accepted, the potential of more integrated agricultural systems, sustainable forest management, and intermediate production practices, particularly for buffer zones around protected areas, is increasingly being recognized.

Response

Renée Lafitte
Acting Coordinator, Agronomy/Physiology Subprogram
CIMMYT Maize Program

Agronomists around the world welcome the increasing public awareness that agriculture is an activity that has far-reaching environmental consequences. I appreciate the opportunity to respond Dr. Umaña's interesting comments on this topic on behalf of CIMMYT's agricultural scientists. Because I believe that we are all in agreement with Dr. Umaña's conclusion that the interaction between agriculture and environment is of great importance, I will not elaborate on that point. Instead, I would like to simply provide some concrete examples of CIMMYT activities that have direct implications for the three principal areas of environmental impact mentioned by Dr. Umaña: 1) the demand for increased agricultural lands and resultant deforestation in tropical areas, 2) soil erosion, and 3) pollution due to agrochemicals. These examples might serve as indicators of some future research directions that will be required to address environmental problems.

CIMMYT has traditionally invested the majority of its resources in germplasm development. The development of new, high yielding varieties has been a key factor in reducing the need to move agricultural activities onto marginal lands, such as recently cleared tropical forests. While the total area planted to maize in developing countries, for example, continues to grow at a rate of 0.8%/year, the growth rate of maize production is

3.5%/year. Clearly, the main source of the increase in production is higher yield, which requires the use of input-responsive varieties. Were such varieties not available, farmers would have been forced to open much more new land for cultivation during recent decades to meet the demand for food, frequently moving into ecologically delicate regions.

As Dr. Umaña has mentioned, improved varieties, being more input-responsive, encourage the use of inputs by farmers in developing countries. We have found that, in general, improved varieties of both wheat and maize perform better than do traditional varieties at both high and low levels of inputs. To fully exploit their potential, though, they should be grown using improved agronomic practices. Efficient and responsible management of these inputs is essential to avoid negative environmental consequences.

In addition to developing germplasm for high yield potential environments, both the CIMMYT Maize and Wheat Programs have been working on germplasm for acid soils. About 1 billion hectares in the tropics and subtropics are affected by soil acidity and much of these areas are otherwise suitable for crop production. If these areas can be used for agriculture, more marginal areas can be left out of production. In wheat, materials improved for tolerance to acid soils clearly outperform susceptible varieties. As is true of many varietal improvements, there is strong interaction between a genotype and crop management technology for acid soils.

Germplasm development activities that will have an impact on the use of agrochemicals include CIMMYT's efforts to exploit host plant resistance to insects and diseases, thus reducing the need for pesticides and fungicides. In the Wheat Program, steady improvement in disease resistance accounts for a yield increase of 2.9%/year in areas where leaf rust is an important factor. If these resistant varieties were not available, it is estimated that, on average, at least 5% of the developing world's wheat crop would be lost due to effects of rust alone—a total of 5 million tons of wheat per year.

Results of breeding for insect resistance in the Maize Program have also been promising and are now at the stage where insecticide application results in a yield increase of only about 5%, greatly reducing the need for farmers to apply such chemicals.

Chemical fertilizers are another class of agrochemicals that, when over-applied, result in damage. To address this problem, the Maize Program began work in 1986 on genotypes tolerant to low soil N. Results indicate that improved materials recover more of the N available in the soil at both low and high levels of fertility, indicating that they would allow less of the fertilizer that is applied to be lost into the environment.

I would like to now mention some crop management research initiatives at CIMMYT with implications for sustainability. While germplasm has an important role to play in

determining the impact that agriculture has on the environment, real advances in the development of sustainable agricultural systems have to come through research on crop and resource management.

As Dr. Umaña has noted, soil loss due to water erosion is one of the most important processes that must be controlled to maintain the productivity of agricultural lands. This is true, particularly in sloping areas. The maintenance of a protective cover of crop residues on the soil surface through some system of conservation tillage is the best solution we have to the problem of soil erosion, and has additional benefits in the conservation of soil moisture. Conservation tillage technology is well established in temperate regions, but will require modifications to adapt it to many areas of the tropics. For example, in many areas the residues have alternative uses primarily as forage for livestock, and farmers are reluctant to leave the residues in the field. In areas with two crop cycles per year, the residues can serve as a reservoir of insects and diseases, meaning that crop rotations need to be carefully planned.

CIMMYT agronomists are addressing these research challenges in collaboration with national programs in Central America for maize and in South America for wheat. We hope to expand projects here in Mexico to work on conservation tillage technologies for both crops.

The Economics Program is also actively involved in work on conservation tillage, especially in identifying the environmental, economic, and political factors associated with the successful transfer of this technology to farmers.

Another technology that is available to minimize soil loss and improve soil nutrient status in maize is the use of legume cover crops such as *Stizalobium* or *Canavalia* spp. in the humid tropics. These species are incorporated into the system either as a green manure or interseeded into the maize crop at some point during the season and tremendously improve the protection given the soil.

CIMMYT agronomists are working on this technology in cooperation with national programs in Central America. The Economics Program is also involved in evaluating the use of mucuna in such systems in Mexico and Honduras. In addition to reducing soil erosion, these green manure species can reduce land preparation costs, increase soil organic matter content, and stabilize yields.

Other issues of sustainability, such as the maintenance of soil chemical and physical properties, are even more difficult to quantify than soil erosion. For example, the productivity of the rice-wheat rotation that presently covers almost 18 million ha in Asia appears to be declining in some areas. The underlying causes of this decline are now under investigation by CIMMYT scientists in cooperation with national program scientists from many disciplines in the Asian region.

Dr. Umaña has made the important point that we must include additional criteria when we assess the success of agricultural technology. As world population increases, food production must increase as well, but that increase cannot be at the expense of the natural resource base upon which agriculture itself ultimately depends. It is clearly preferable to increase production on existing cultivated lands, rather than opening up less appropriate areas to agriculture. These goals—more food from existing farmland without degradation of the environment—imply that we cannot turn away from technology and intensive agriculture. All speakers this morning have emphasized the need for new knowledge and new technology. The need to protect the environment while increasing food production presents a challenge for all of us to increase our efforts to develop creative, efficient crop management technologies and the germplasm to effectively utilize those management practices.

Future Scientific Contributions to Maize and Wheat

Sir Ralph Riley
University of Cambridge,
England

Abstract

Disciplines such as molecular and cell biology present several new scientific opportunities that are relevant to CIMMYT's mission and build on CIMMYT's existing strength in plant breeding and other areas of research. These opportunities include RFLP mapping, in which CIMMYT is already involved. CIMMYT could also benefit from other innovative technologies by 1) acquiring methods that help determine whether the genome structure of a recurrent parent has been adequately restored before field testing takes place; 2) developing the wheat map to a state where it is possible to track each resistance gene by its own RFLP marker, which would simplify the process of pyramiding resistance genes; 3) exploring how generalized/durable forms of resistance can be better understood and exploited in crop protection; and 4) closely tracking research concerned with proteins that protect plants against low or high temperatures, since the Center has responsibilities in countries where extreme climatic conditions prevail.

It is an enormous pleasure to be present at the celebration of the 25th Anniversary of the establishment of CIMMYT. I bring not only my own personal greetings but also those of the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), on whose Board I serve, and of the Rothamsted Experimental Station (RES) where I chair the Board. Anniversaries are occasions for looking backward as well as forward and at Rothamsted we are at present

planning the celebration of our 150th anniversary, for the Station was established in 1843. The foundations of CIMMYT and Rothamsted were similar in that each was created after the initial demonstration of successful technology. At Rothamsted, before 1843 John Bennett Lawes had already shown that superphosphate fertilizer, which he made by treating bones with sulfuric acid, greatly improved crop growth by making phosphate consistently available. Thus mineral fertilizers were used for the first time and farmers began to exploit knowledge of nutrient cycling.

At its inception, CIMMYT was able to exploit knowledge of tropical, subtropical, and highland maize that had been assembled by its predecessors who had worked in the Cooperative Agricultural Research Program between the Mexican Ministry of Agriculture and the Rockefeller Foundation. It has also continued research on the exploitation of semi-dwarfing genes and related attributes in wheat that had been developed in the Cooperative Agricultural Research Program. The leader of that Program for the Rockefeller Foundation, Norman Borlaug, became the Director of CIMMYT's Wheat Program. The first semidwarf varieties such as Pitic 62, Siete Cerros, and numerous others were already well into use (Borlaug 1968) by the time CIMMYT came into existence. So CIMMYT, like Rothamsted, was well founded on new and innovative technology that had already been proven in practice. Perhaps there are lessons here for those engaged in institution building—namely that success will be more fully and rapidly achieved when the new institution is able to build on existing successes.

Entirely new thinking was brought into wheat science—the exploitation of short-statured, fertilizer-responsive, day-length neutral genotypes, handled by newly developed breeding technology that exploited shuttle breeding and enormous populations of early generation segregants. All of this is well understood now and I should not come to CIMMYT to tell you about your own successes except for two reasons.

The first is to congratulate you on what I am sure is the most acceptable birthday present you could possibly receive—the fact that, in 1990-91, world wheat production is estimated to have been 589 metric tons, and greater than ever before. CIMMYT's 1990-91 World Wheat Facts and Trends (CIMMYT 1991) modestly ascribes this record harvest to an expanded acreage and to favorable Northern Hemisphere weather. All of us who are admirers of CIMMYT know that it would not have been possible without the wheat production technology based on work started at CIMMYT.

The second reason is to point out that CIMMYT is an institution founded on innovations and on new strategic thinking about wheat science and, as shown by disease and insect resistance and grain quality, on maize science. With this background, it may be expected to respond eagerly to relevant new methods and approaches that give promise of improving the lot of maize and wheat farmers in developing countries. It is a pleasure to see that CIMMYT is receptive to novel approaches to crop improvement in that it has an activity in applied molecular genetics, that wide hybridization occupies a prominent part in the Maize and Wheat Programs, and that crop physiology is followed actively.

Two Cultures

My anxiety about this is because I was fearful at one time that CIMMYT was to fall into only one of the two cultures into which I detect crop research may be dividing. I use the term "two cultures" by analogy with the description given to intellectual life in Britain in the 1960s and 70s. It was used by those who visualized an unbridgeable divide separating those individuals and institutions whose intellectual stimulus came from the arts and literature and those whose thinking was centered entirely on science and technology. Why I fear crop research may be dividing in a similar way can be illustrated by one important meeting that has just occurred and one that is to take place in July 1992. They are, respectively, the Third International Congress of Plant Molecular Biology held in Tucson, Arizona, in October 1991, and the International Crop Science Congress to be held in Ames, Iowa, in July 1992. More than 3,000 people were at the Tucson meeting and Kenneth Frey, Chair of the Ames meeting, said that he expected an excess of 2,000 there. I have compared those making presentations in the form of plenary lectures or at symposia in the two meetings. So far as I can make out, there are only four people contributing to both meetings and one of these, John Barton, concentrates on intellectual property rights rather than experimental science. Of course, I recognize there may be some who are to participate in both meetings who are not listed in the main program and others who consider that two international meetings within a year of each other is too much. Nevertheless, I worry in case what I am detecting is a division in the science relevant to agriculture. If this were so, it would be to the disadvantage of those who depend on agriculture, including those who have benefitted and continue to benefit from the work of CIMMYT.

For the foreseeable future, genetic crop improvement will continue to depend on field-based selection and testing, but it should not ignore the help that can be provided by other disciplines.

The place of molecular and cell biology is to be the hand maiden of plant breeding so that it is important that each understands the other if the maximum synergism is to apply. So I am anxious about the two cultures that I begin to perceive and welcome my impression that at least this is not happening at CIMMYT.

We were confronted by this problem at the Plant Breeding Institute in Cambridge in the late 1970s when molecular genetics was beginning to grow there. Scientists who worked with the well established and successful procedures for breeding new varieties felt threatened by the new approaches opened up by molecular biology. So the new technology was resented. This occurred even though there was no reduction in the money spent on established breeding approaches and molecular biology always brought in new money. Such Luddite tendencies set back the progress of crop science. (Around the period 1810-1820 the gangs that destroyed machinery in opposition to the Industrial Revolution in England were called Luddites—a name now applied to all who oppose beneficial change.) The situation eased at Cambridge over the years, particularly when new methods such as

nucleic acid leaf spot testing for the presence in individual plants of viruses made selection for virus resistance more accurate, and the electrophoresis of wheat storage protein improved the efficiency of selection for bread-making quality. From this, the onus may be placed on molecular geneticists to show to breeders that they can help in the breeding process.

CIMMYT's Research Portfolio

In inviting me to come to CIMMYT for these celebrations, the Director General suggested that I might like to consider new scientific opportunities that are relevant to CIMMYT's mandate and mission.

I approach this request with some trepidation because of my recollections of the two memorable occasions in 1976 and 1988, when I chaired External Program Reviews of CIMMYT. The differences in perspective obtained by external and internal observers become very clear. In relation to its future, however, I imagine there can be no argument that CIMMYT should build on its existing scientific strengths. These, of course, lie in the field of plant breeding, the manipulation of disease and insect resistance, wide crossing, and the physiological control of physical factors, like soil toxicity, that limit crop productivity. Much of the latter work has contributed to CIMMYT's participation in research on crop management in which it will be increasingly involved following the expectation in the Strategic Plan that, in the decade of the 1990s, greater improvements in crop production will come from crop management rather than from plant breeding.

My concern about research in plant molecular biology is much influenced by my involvement, as a member of the Scientific Advisory Committee, in the Rockefeller Foundation International Program on Rice Biotechnology. For those who are not familiar with this Program, it has been running since 1984, and its purpose is to undertake research that will increase the production, reliability, and nutritional value of rice crops grown by poor farmers in developing countries. The work is undertaken by complementary research groups in numerous industrial and developing countries all with the same overarching aim: that is to say it is an international research network.

CIMMYT's great strength has always been in plant breeding. Look at the strategic and socially successful breeding research using semidwarfing genes, large-scale shuttle breeding, and other innovations in wheat. What are the new opportunities in this field? One has already been recognized in RFLP (restricted fragment length polymorphism) mapping. CIMMYT is already well launched on this kind of research in maize. Linked-marker breeding is already a potential reality in maize where there is a nearly saturated map and advantageous chromosome segments can be tagged and traced through breeding programs (Murray et al. 1991).

Due to the leadership of Dr. Steve Tanksley of Cornell University, there is now a RFLP map for rice with about 450 markers with an average distribution of 5 cm between loci.

This rice map can already be used to breed for blast, bacterial blight, and white-backed plant hopper resistance. Perhaps more important in the rice program is that scientists from many developing countries have been trained at Cornell and IRRI and by special travelling-trainer work undertaken by Gary Kochert of the University of Georgia. He prepared laboratory manuals and toured eight Southeast Asian countries to teach RFLP mapping. If it has not already done so, CIMMYT could transfer the RFLP gospel to national agricultural research systems (NARSs) with maize breeding programs so that they can develop maps, using CIMMYT probes, in their own important genotypes and so provide markers for genes that are especially relevant to their own breeding programs. Then they will be able to solve agricultural problems that are specific to their own regions.

RFLP work in wheat is underway in several laboratories and a tentative start has been made in CIMMYT. I am most familiar with the work of Mike Gale and his colleagues in Norwich, England. They have discovered about 1000 markers and assigned them to chromosomes and about 350 of them have been precisely mapped.

At this point it is appropriate to say something about interspecies crossing; a field in which CIMMYT has worked since its first involvement with triticale, which I suppose started 25 years or so ago. Some of the recent products of CIMMYT's Wheat Program were derived by wide crossing. These are the Veery wheats, which contain a segment of rye chromosome 1R originally transferred to wheat chromosome 1B in what was then called East Germany. Subsequently, ambitious research on wide hybridization has been pursued in wheat and maize.

Tracing segments of donor alien chromosomes introgressed into recipient wheat or maize genotypes is one of the problems faced by cytogeneticists working on such programs. Two new tracking schemes have become available in the last few years, which CIMMYT should acquire if it has not already done so. The first of these is genome blocking, well described by Heslop-Harrison et al. (1990) in which donor genomic DNA can be distinguished from recipient DNA by in situ DNA-DNA hybridization in cytological preparations. So the presence and location of the DNA introduced with agriculturally valuable gene(s) can be accurately determined. A further method described by Jena et al. (1991) was applied to material in which the brown plant hopper resistance of *Oryza officinalis* was introgressed into *O. sativa*. Segments of *O. officinalis* DNA recognized by their RFLP sequences could be revealed by changes in the *O. sativa* map. So that before field testing takes place, the nature of the change in the recipient DNA can be ascertained by these two methods that enable judgements to be made as to whether the genome structure of a recurrent parent has been adequately restored.

I remember at the time of the 1976 External Program Review we discussed at length with our CIMMYT colleagues the pyramiding of genes for disease resistance so that the broadest possible genetic protection could be provided. CIMMYT was faced with the problem that the high yield potential of its wheat genotypes was not attained in some

places because of the presence of virulent races of pathogens. Pyramiding of resistance genes at different loci is possible when each gene provides resistance to a different race of the pathogen and selection can be practiced using infection by each race separately. This is a cumbersome procedure and is simplified if each resistance gene can be tracked by its own RFLP marker. CIMMYT should aim urgently to get the wheat map to a state where this is possible.

There has been much concern among plant breeders that reliance should be placed where possible on so-called "durable" resistance: a term I think first used by Johnson (1981). Durability implies a form of generalized disease or insect resistance that is long lasting, possibly because it is incomplete and therefore does not exercise the same selection pressure on the pathogen as does total resistance, which subsequently proves to be race-specific. I would like CIMMYT to ask questions about how generalized/durable forms of resistance can be better understood and exploited in crop protection. This is prompted by progress being made in the Rockefeller Foundation Rice Biotechnology Program by Chris Lamb (Dixon and Lamb 1990) of the Salk Institute. He points out that plant resistance to disease attack depends upon inducible defenses that include phytoalexin production, reinforcement of cell walls by the synthesis of lignin, callose, and hydroxyproline-rich glycoproteins and the synthesis of lytic enzymes such as chitinase and glucanase that break down the cell walls of invading pathogens. The molecular mechanisms underlying these defenses are beginning to be understood and capable of manipulation. Many of the enzymes involved are already known so that interventions in their activities are in prospect. CIMMYT cannot neglect this rapidly developing field with its potential for the long-lasting protection of crops from diseases and insects. Whether it should have in-house work or whether it should get as close as possible to laboratories in industrialized countries where the work is underway is for the decision of CIMMYT's policy makers. Similar work to that on rice occurs on maize (Nasser et al. 1988) and barley (Swegle et al. 1989) and numbers of other plant species.

I believe that this is an area of science due for rapid growth over the coming decade in ways that were unexpected when molecular biology first began to be applied to plants. Although we could foresee benefits coming from manipulations where the plant's active resistance component was the first product of the gene, there seemed little chance of breakthrough where systems involved intermediary metabolism. However, as has been outlined above, some of the processes of intermediary metabolism, as in fungal and bacterial disease resistance, are now opening up. The same applies to plants' responses to physical components of the environment. A major area of research is now concerned with proteins that protect plants against low or high temperatures (Barros et al. 1991). This is also a field that should be watched closely by CIMMYT because it has responsibilities in countries where extreme climatic conditions prevail.

Dr. Winkelmann in his note to me specially asked about CIMMYT's role in plant transformation, mentioning the UNDP-CIMMYT agreement. Since I don't know what is

agreed between CIMMYT and UNDP my response to the question is entirely unprejudiced! A transformation system has been developed for Japonica rice and is deployed in several laboratories. It uses the protoplast methodology mostly with polyethylene glycol (PEG). Transformation with Indica rice has been successful, but the technology is not as well established as with Japonicas. Research is also supported on the biolistic and *Agrobacterium* methods. The position is that although transformation has been achieved in rice it is still at the experimental stage. There is not, as yet, a technology that can be used routinely as a component in a breeding program. This is after more than 5 years of work in several good laboratories with talented people. I believe that transformation is more advanced in rice than in any other cereal species, perhaps including maize, although I am not aware of how effective are the systems available in the private sector for maize.

In rice before transformation can become part of a breeding program it will be necessary to address the problems of scale-up. Scale-up in any kind of technology development presents problems that are different from those of the early experimental stage. In transformation it will be necessary to have methods that create primary transformants in numbers that enable the selection of genotypes with the stable insertion of the introduced DNA, where its position(s) in the recipient DNA is phenotypically optimal, with expression in the target issue at a level that enables optimal translation of the new genes and without other deleterious changes of the recipient genotype. What order of numbers will be necessary to achieve these features will no doubt depend on the crop involved. No doubt it will relate to the size of the genome of the recipient species and its ploidy level. A minor branch of population genetics may emerge from the consideration of these factors. Finally questions relating to release must be addressed. For example, will it be permitted to release for human consumption crops whose genotypes carry genes that code for antibiotics? Such genes are employed experimentally to enable the selection of transformants.

What I am saying to you is that the process is not just, "Gee whizz! We've got a transformant!" The factors that I have listed must be taken into account before there is an exploitable technology. When transformation technology is perfected, standard plant breeding methods will need to be applied to its products.

The strength of CIMMYT is not its ability to find new pathways in science, but to apply science for the benefit of mankind. In that context research on transformation is perhaps better left to others. CIMMYT should come in when experimentation has produced usable technologies that will enhance the production of maize, wheat, barley, and triticale.

Final Words

Perhaps incautiously I have responded to the request to draw up a scenario for the future of part of CIMMYT. I readily acknowledge that someone with different experience might well have talked about CIMMYT's future in crop modelling, crop physiology, data

processing, or other components of your corporate life. I hope that I have not made this celebration too solemn. For we are serious but not solemn.

I frequently visit international agricultural research centers and when I do, an extract from the writings of that great Irishman, Jonathan Swift, always comes frivolously to my mind. In describing, in 1727, Gulliver's Travels to the Academy at Lugado in "A Voyage to Laputa," he wrote:

> "The first Man I saw was of a meagre Aspect, with sooty Hands and Face, his Hair and Beard long, ragged, and singed in several Places. His Clothes, Shirt, and Skin were all of the same Colour. He had been Eight Years upon a Project for Extracting Sunbeams out of Cucumbers, which were to be put into Vials hermetically sealed, and let out to warm the Air in inclement Summers. He told me, he did not doubt in Eight Years more, that he should be able to supply the Governor's Gardens with Sunshine at a reasonable Rate; but he complained that his Stock was low, and intreated me to give him something as an Encouragement to Ingenuity, especially since this had been a very dear Season for Cucumbers. I made him a small Present, for my Lord had furnished me with Money on purpose, because he knew their Practice of begging from all who go to see them."

This does not accurately portray a Center, but there is enough to make it seem relevant. There is the project-centered devotion to the job. The optimistic concentration on a long-term project (notice even in 1727 it was called a "project"). And then as now, there was not enough resource to do the job because costs had increased unexpectedly so more was needed! I don't want to push it, but isn't there some similarity?

The Future

CIMMYT has contributed creatively for 25 years to maize and wheat improvement. It has done the equivalent of releasing sunbeams from phials by increasing the amount of carbon fixed by sunlight in the form of food.

It is impossible to forecast where crop science will go during the next 25 years during which the population of the world will more than double. Our scientific effectiveness will need to improve greatly to meet the problems of food supply that will be created. But who would have predicted when CIMMYT was founded that 25 years later we should be on the verge of improving greatly the efficiency of plant breeding. Twenty-five years ago transformation would have been an impossible dream. What scientific opportunities will emerge in the next 25 years? All we can ever say about the future is that it will be different.

There is no more noble achievement than that of CIMMYT, which is enabling farmers, through the national agricultural research systems, to increase the supply of food for the poor. May you long continue your commitment to this vital task using whatever science and technology that enables you to do it efficiently.

REFERENCES

Barros, D., E. Czarnecka, and W.B. Gurley. 1991. Soyabean heat shock gene, GMhsp: 17.5E mutational definition of the heat shock module. In page 1622, R.B. Hallick. ed., Program and Abstracts, 3rd. Int. Congress of Plant Molecular Biology, University of Arizona.

Borlaug, N.E. 1968. Wheat breeding and its impact on world food supply. In pages 1-36, K.W. Finlay and K.W. Shepherd, eds., Proc. 3rd. Int. Wheat Genet. Symp. Butterworth and Co. (Australia) Ltd., Sydney.

CIMMYT. 1991. 1990-91 CIMMYT World Wheat Facts and Trends: Wheat and Barley Production in Rainfed Marginal Environments of the Developing World. Mexico, D.F.: CIMMYT.

Dixon, R.A., and C.J. Lamb. 1990. Molecular communication in plants: microbial pathogen interactions. Annual Rev. Plant Physiol. 41:339-367.

Heslop-Harrison, J.S., A.R. Leitch, T. Schwarzacher, and K. Anamthawat-Jonsson. 1990. Detection and characterization of 1B/1R translocations in hexaploid wheat. Heredity 65:385-392.

Jena, K.K., G.S. Khush, and G. Kochert. 1991. RFLP analysis of introgression lines of O. sativa L. having insect resistance gene(s) introgressed from *O. officinalis* Wall ex Watt. Theor. Appl. Genet. (in press).

Johnson, R. 1981. Durable resistance: definition of, genetic control and attainment in plant breeding. Phytopathology 71:567.

Murray, M.G., Y-S. Chyi, J.H. Cramer, J. Romero-Severson, D.F. West, and D. Zaitlin. 1991. Application of restriction fragment length polymorphism to maize breeding. In page 156, R.B. Hallick. ed., Program and Abstracts, 3rd. Int. Congress of Plant Molecular Biology, University of Arizona.

Nasser, W., M.D. Tapia, S. Kauffmann, S. Montasser-Kouhsari, and G. Burkard. 1988. Identification and characterization of maize pathogenesis-related proteins: Four maize P.R. proteins are chitinases. Plant Mol. Biol. 11:529-538.

Swegle, M., J-K. Huang, G. Lee, and S. Muthukrishnan. 1989. Identification of an endochitinase cDNA clone from barley aleurone cells. Plant Mol. Biol. 12:403-412.

Responses

Luis Herrera-Estrella
Head, Department of Plant Molecular Biology,
Center for Research and Advanced Studies
(CINVESTAV), Mexican National Polytechnic
Institute (IPN)

With respect to modern agriculture, Sir Ralph Riley expresses a very real concern for the separation between breeders and molecular biologists. I think this separation is a temporary one and is due above all to problems of language and understanding between two generations with distinct traditions. Nevertheless, I think in the last 3 years there has been a very important rapprochement between breeders and molecular biologists or biotechnicians, which has not only created an awareness that breeders and molecular biologists should be on friendly terms, but also that some day they will have to band together. Perhaps a good example of this is my presence at this event.

I am not a high level Mexican government official nor am I a director of an international institution. I am a biotechnician and a researcher and I believe that CIMMYT requested my participation in this event due to its interest in the new technologies that will probably have great impact on the development of modern agriculture. To its credit, CIMMYT decided to include aspects of molecular biology that serve to establish communication between biotechnology and traditional plant breeding. I am convinced this will have a synergistic effect that will make for a more efficient application of these techniques in national breeding programs in developing countries.

The implementation of molecular techniques for genetic mapping at CIMMYT seems to me a great plan that may produce two major benefits in the near future. One of them is using this technology in breeding programs for transferring quantitative characters into new germplasm more efficiently. The second, and perhaps more important, is establishing the use of this technology in national programs, for which important steps are already being taken by CIMMYT.

The establishment of nonradioactive techniques for the detection of nucleic acids is of great relevance. Given that many countries do not have the infrastructure to manage radioactive materials, the transference of this technology to national programs is complex. Thus, the development of nonradioactive technologies will facilitate the transference of molecular techniques to national institutes.

Sir Ralph also mentioned that great advances are being made toward understanding the molecular processes that control plant response to pathogen attack or environmental stresses. I believe these advances indicate that, in the not very distant future, biotechnology will have great impact on agricultural development, above all in countries having an insufficient food supply, in comparison with developed countries where its major impact will be to reduce production costs.

In this case, it is a matter of increasing productivity of already cultivated lands. Examples of what biotechnology is already producing include insect resistance, which has been incorporated into many plant species; the lengthening of tomato shelf life from 15 to 120 days; and increasing potato starch content up to 30%. In view of this vast potential, it is worth posing a very relevant question: How far should CIMMYT go in implementing molecular techniques? How far can it go without impinging upon its traditional plant breeding function?

I believe that this problem may be illustrated with the rice biotechnology program funded by the Rockefeller Foundation. In my opinion, this has had great impact on rice research, not because it has received strong financial support, but rather because developed and developing country laboratories participating in the program were carefully selected, and especially because of the collaboration between plant breeders and biologists. Of special relevance is the participation of the International Rice Research Institute (IRRI), whose scientists have contributed basic knowledge on rice and on-farm research experience, without trying to solve molecular problems. The cooperative programs they have established are worth studying.

Something else I should mention is that until little more than 10 years ago agricultural research had developed in an almost perfect environment, where there was free germplasm exchange, free technology transfer, and a surprisingly agile information flow. With the advent of genetic engineering, that world is being transformed into a universe of patents and legal and informational restrictions that is, I would say, a negative consequence of this innovation, although it has its positive aspects. Thus, CIMMYT and other international centers will have to seek mechanisms that facilitate and guarantee the efficient transfer of technology to developing countries. It is essential to underscore that, in our countries, technology is more important than in developed countries, since it contributes to maintaining our sovereignty and promoting our economic development.

Finally, I would like to say that CIMMYT should not become a biotechnology research center, since basically its strong suit is plant breeding, although it may put the tools that biotechnology offers to good use. I think RFLP mapping and the use of other related technologies is right on target, as mentioned by Sir Ralph. Nevertheless, it would be a great loss for world agriculture if CIMMYT dedicated itself entirely to molecular aspects. It would be even sadder if it were forced to do this because of budgetary constraints, a fact that donor agencies should not overlook.

SANJAYA RAJARAM
LEADER, GERMPLASM IMPROVEMENT SUBPROGRAM,
CIMMYT WHEAT PROGRAM

I would like to thank Sir Ralph for the very positive words he has spoken about CIMMYT's success. He said "CIMMYT has contributed creatively for 25 years to maize and wheat improvement". And he added, "there can be no argument that CIMMYT should build on its existing scientific strengths. These strengths, of course, lie in the field of plant breeding, the manipulation of disease and insect resistance, wide crossing, and control of physiological factors, like soil toxicity, that limit crop productivity." Then he went on to promote the interaction of current biotechnological techniques such as RFLPs and genome blocking as handmaidens to plant breeding. Sir Ralph has very strongly emphasized these two techniques and has mentioned various other concepts and philosophies only ephemerally. I would like to emphasize some of these others a bit further.

Documents of CIMMYT's Strategic Plan and Third External Program Review outline the research agenda into the next century. Disciplinary research is given a high priority. I firmly believe that plant breeding (commodity-oriented) and disciplinary (strategy-oriented) interactions are highly desirable. At times, these evolve into forms of different cultures as Sir Ralph has noted in his presentation. One of the dangers is that this could happen at CIMMYT. I must agree that resource allocation to plant breeding relative to the pre-strategic plan years has not declined; but relative to other disciplines, it is shrinking, especially in wheat.

Sir Ralph did emphasize that high priority should be given to durable disease resistance in wheat and maize. As you may be aware, the threat of stem rust of wheat has been contained globally for the last 30 years—since the beginning of semi-dwarf era. Breeding for slow rusting of leaf rust began in the early 1970s; the fruits of this research have been improved bread wheat germplasm available globally since the 1980s. No major epidemics of leaf rust and stripe rust have been reported for the last 11 years, especially on varieties with slow rusting genes. The methodologies employed to achieve these systems have been international multilocation testing for identification of slow rusting genes, shuttle breeding in Mexico, and finally quantification of rust response in improved materials. I believe these are classic examples of how slow rusting genes can be spread over a large number of improved materials suitable in different mega-environments. We are still haunted by the epidemic caused by the Southern Blight race T on maize in the USA's Southern Corn Belt. That is why diversity of resistance and stability of performance are very central to widespread cultivation of HYVs of both wheat and maize and why maintenance breeding should remain a high priority activity of CIMMYT. Some of these genes are now genetically classified and molecular marking of these could enhance the maintenance process.

High stability of performance and wide adaptability by mega-environment, combined with high yield potential, should remain the central core of germplasm improvement in maize, bread wheat, durum wheat, triticale, and barley. Utilization of wide crosses, distant gene pools (spring x winter), and interspecific hybridization could play a great role in broadening genetic diversity and widening adaptability. Industrial quality issues will become paramount as long as we maintain a positive food balance in the world.

Breeding for abiotic stresses was re-invented after the Strategic Plan process; I believe it should remain on the research agenda. In many circumstances, germplasm bred in optimum environments has also done well in marginal areas. The case of Pakistan, illustrated in the 1990-91 CIMMYT Facts and Trends Publication, is a good example. It appears that genetic variability for drought, heat, and salinity is narrow. Wide crossing programs could play a great role in transferring to maize and wheat good, reliable and quantifiable sources of genetic variability. This is where RFLPs and physiology could play an important role in strengthening plant breeding.

What about the outreach? Many national programs are still weak and they need CIMMYT's help despite the fact that there is assertion from some quarters that this is counter-productive.

Finally, I believe that we do not have to divide CIMMYT into "old" and "new". It has continually evolved since its birth 25 years ago and before that under other names—and it will continue to evolve.

In closing, I would like to recognize in the audience today the Founding Fathers and Pioneers of CIMMYT and I want to thank them for their vision and dedication.

Expected Changes in World Cereal Economies over the Next 25 Years

Richard Perkins
Director of Commodity and Trade Division,
Food and Agricultural Organization
of the United Nations (FAO),
Rome, Italy

Abstract

A short review of trends in the world cereal economy over the past 25 years is followed by projections of changes that can be expected in the next 25 years. World demand for cereals, fuelled mainly by population increases as well as by changing tastes and incomes, is projected to grow at 2-3% a year in the next 20 years. Most of the growth will be in the developing countries, who will frequently be in need of the transfer of suitable technology. The capacity to produce cereals to meet a growth in demand of 2-3% a year exists, although at some risk to the environment. Yields (more difficult to achieve as the easier options run out) will remain the source of growth in the future. The growing emphasis on concerns such as the environment, food security, economic efficiency, and sustainable development requires multidisciplinary systems approaches. Such research is likely to be costly and difficult and, to be successful, requires a strong international component. In addition, the pursuit of food security, sustainable development, and a friendlier environment may require modifications of the more liberalized trading regime that is expected to develop. Research can play an important role in widening policy options and perhaps reducing the conflicts in objectives.

On behalf of the Director General of the FAO, Dr. Edouard Saouma, I wish to convey to CIMMYT our warmest greetings on this your 25th Anniversary Commemoration. Your achievements have been a source of pride to the international community and have given millions of farmers around the world the chance to raise their wheat and maize yields substantially and hence contribute to lifting their incomes and improving food security.

You have invited me to speak today on "Expected Changes in World Cereal Economics over the Next 25 Years," and indeed I will do my best to tackle this theme. But before doing so, I would like to turn your attention back to the founding of CIMMYT and to what changes have taken place in the past 25 years in the world cereal economy.

The FAO Commodity Review for 1966 makes for interesting reading. I cannot resist citing briefly some of the general developments from that year's review. The United States had just passed its Food and Agriculture Act of 1965, an act that has strong echoes in the 1990 legislation. I quote: "It reinforced a trend towards lower price supports and greater direct payments to farmers who restricted output." Another quote: "The EEC's Council of Ministers were having difficulties in securing an agreed policy for the future." The GATT Kennedy Round, which had included agricultural commodities in the negotiations, was proving "long and arduous." After these comments, we started our review of the world grain situation for that year with the following (abridged) text:

> The world grain economy has entered a new phase. The impressive decline in carryover stocks in major exporting countries between 1960/61 and 1964/65 has brought the world stocks in the current season to levels which, with today's high volume of international trade and famine conditions in several developing countries can no longer be considered excessive.... The disappearance of exceptionally heavy carryover stocks renders the grain economy more sensitive to the ordinary market force of supply and demand and it makes even more urgent the efforts to raise production in the food deficit developing countries.

This I would submit to be a fair account of the current world cereals situation.

But not everything stays the same, and we indeed went on to identify major changes taking place in the world grain economy. First, the developed countries had accomplished a complete reversal from their pre-World War II position as a net importing area to become the world's residual supplier of some 25-30 million tons of grain, following progress in their production techniques, high prices and income support levels, and a growing use of food aid. Second, the centrally planned economies, which had been net exporters of grains before the war, had become increasingly dependent on grain imports and in view of their ongoing industrialization policy were expected to continue as importers of basic grains. The expansion of their livestock sectors, based in part on imported grain, was perceived as an important feature for the future. Third, the Commodity Review indicated that there was evidence of a widening gap between

population and grain production in the developing countries. Many developing countries were held to have neither new land to bring under cultivation nor the necessary prerequisites for significant yield increases, and they would find it hard to arrest the downward trend in per capita grain output and their growing dependence on grain imports.

I think that you would agree with me that these were fairly sensible views, which to an extent have been realized. I say "to an extent" because happy is the forecaster who gets the forecast right but for the wrong reasons. In Tables 1 and 2, I have put together some of these longer run trends. Several features of the statistical record stand out. Since the mid-1960s to the present, world cereal production has grown at 2.3% a year, above world population growth of 1.9%. Both production and consumption in the developing countries have expanded almost twice as quickly as in the developed countries. The success story has been Asia (3.3% a year). Of course even though the aggregate growth rates in the developing countries have been quite commendable, they have not been enough in large parts of the developing world. The fastest growth has been in the feed use of cereals, especially in Eastern Europe and the USSR (3.8% a year) and in the developing countries (5.5%). Reflecting the more mature state of the feed industries in Western Europe and North America, as well as the growing use of cereal substitutes, the growth of feed use of cereals in these regions has been sluggish. The net result of these underlying trends has been some fairly sharp changes in grain trade patterns. The most noteworthy have been huge increases in the net exports of North America and the dramatic turnaround in Western Europe from the major net importer of cereals to the second biggest net exporter. Other key features are the rising deficits of Japan and the USSR and, most worryingly, of the developing countries. Their net cereal imports went from 16 million tons in 1965 to 80 million tons today. Their gross imports went from 40 to 114 million tons. There was a particularly sharp surge in the 1970s, associated partly with the oil boom, followed by a period of more limited growth in the 1980s. All this goes to prove the scope for significant demand growth in the developing countries when their incomes and foreign exchange situation make it possible.

In a nutshell, the major structural features of the past 25 years have been: 1) low production and consumption growth but rising surpluses in North America and Western Europe; 2) higher growth in production and consumption in the developing countries, but rising deficits as well; 3) a rapid expansion in the feed use of cereals in Eastern Europe, the USSR, and the developing countries; and 4) an increasing role for world trade.

Do these trends give us some pointers for the future? I would suggest that the answer is probably yes. And I shall come to the reasons for my views as we look into the main structural shifts that can be expected in the future. Before doing so, I would like to spend a moment on outlining the work that we are doing on projections.

FAO has a long tradition in undertaking agricultural commodity projections. Our first main effort was undertaken in 1962 and looked forward to the year 1970. Other rounds

followed in 1967, 1971, 1979, and 1986, and our latest exercise looks ahead to the year 2000. These commodity projections do not cover the whole of agriculture but focus very much on supply, demand, and trade issues. We, of course, subject our estimates of supply and demand to a number of checks, such as overall dietary implications, and land and yield constraints, and we review the results to see whether they are compatible with existing policy frameworks. These projection exercises have tended to assume constant real prices, although in our last and current rounds, we have developed a World Food

Table 1. Production, consumption, and trade of cereals, 1964-66 to 1988-90 (million tons).

	Production		Total utilization		Total utilization for: Feed		Food		Net trade	
	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90
North America	210	303	163	228	22	32	127	158	-61	-119
Western Europe	116	193	140	169	49	51	79	100	26	-24
Eastern Europe	53	90	57	95	21	21	29	60	6	5
Oceania	14	22	5	8	2	2	3	4	-7	-16
USSR	140	196	133	230	49	49	49	129	4	34
Other Developed	**25**	**27**	**35**	**56**	**26**	**30**	**8**	**24**	**11**	**28**
Total Developed	**557**	**832**	**534**	**788**	**168**	**185**	**294**	**475**	**-20**	**-93**
Africa	37	63	40	81	32	68	1	4	3	18
L. America/Caribbean	58	107	53	116	31	60	15	45	-6	8
Near East	37	65	41	99	25	56	8	27	4	30
Far East	331	714	341	740	289	597	14	70	14	23
Total Developing	**464**	**950**	**475**	**1,037**	**377**	**781**	**40**	**146**	**16**	**80**
World	**1,021**	**1,782**	**1,009**	**1,825**	**544**	**966**	**333**	**621**	**-5**	**-12**

Source: FAO Agrostat, November 1991.

Note: Net trade: net imports positive, net exports negative. Includes rice as paddy. Totals calculated from unrounded numbers.

Table 2. Growth rates (%/yr) of yields of main cereals, 1961-70, 1971-1980, and 1981-90.

	Developed countries			Developing countries			World		
	1960s	1970s	1980s	1960s	1970s	1980s	1960s	1970s	1980s
Wheat	3.6	1.2	2.9	3.6	3.4	2.9	3.5	1.8	2.8
Rice	1.5	-0.1	1.2	2.5	2.0	2.2	2.4	1.8	2.1
Coarse grains	3.5	1.2	1.4	2.6	3.2	1.3	2.9	2.1	1.1
Maize	3.4	2.3	0.6	3.0	3.1	1.6	2.6	2.6	6.5
All cereals	3.4	1.2	2.0	2.8	2.7	2.1	3.0	1.9	1.9

Source: FAO Agrostat, November 1991.

Note: Growth rates calculated from trends fitted to all the years in each decade.

Model that allows prices to vary. Typically, these projections have looked 5 to 7 years ahead and have been mainly concerned with the implications for policies, trade, and food security.

FAO's other main forward-looking exercise, under the title Agriculture Toward 2000, has now been undertaken twice and has typically looked rather far ahead, 15-20 years. Our next study in this series, which is due to be completed in 1993, will cast a look toward the situation for the year 2010. "AT 2000," as we call these global perspective studies, all cover a broader set of issues pertaining to food and agricultural development. Detailed land and input use analyses are undertaken and great attention is paid to the technological possibilities for changing yields. Our Agriculture Department has a major input to the technological change component. The demand side of the model is essentially the same as the Commodity Projections, although looking much further ahead. The AT 2000 results are also more country-focused, and are concerned with domestic resource-use questions. The difference between the two types of studies has, however, essentially to do with the time frame as well as the extent to which factors other than "commodity" ones are brought to bear on the analyses and outcomes. In the agricultural commodity projections, many of the key factors driving the projections can be assumed to be nearly constant in the 5 to 7 years ahead. Fundamental changes in yields, technologies, and tastes evolve more slowly than this time frame. By contrast, over 20 years of technical change are probably endogenous, environment and sustainability are major factors, and taste shifts can be appreciable. Look, for instance, over the past 25 years at the substitution of poultry for red meat in the richer countries and the vast expansion in much of the developing world of wheat eating at the expense of coarse grains. Even in the poorest countries of the world, substantial dietary changes have taken place following the rapid urbanization of these countries. So looking 25 years ahead, I shall not draw upon our medium-term commodity projections, but rather on some of the work that FAO has been doing on the longer-run perspectives in our Agriculture Toward 2000, the latest version published in 1987. Beyond extrapolating some of these trends, I shall also look at some of the more uncertain factors that could perhaps emerge over the next 20-25 years. Inevitably, these conjectures are to a large extent speculative, with a wide margin of uncertainty about them.

I would like to arrange these ideas around four themes: first, the outlook for demand for food and feed; second, production—your own area of particular interest; third, the policy environment in which agriculture will be operating; and fourth, key trade and food security issues.

Regarding, the longer run trends in demand, I would like to start by taking a look at food demand for cereals. This is something on which the state of the art is perhaps the most refined. Over the long run, the basic determinants of the food use of cereals are population and income. As incomes rise, the dietary pattern moves away from a reliance on staple foods like cereals, root crops, and tubers, and diversifies into livestock products and other crops. This is clearly seen by casting a look at FAO's food balance sheets. People in the

developed countries get 1,000 calories a day from cereals, 1,000 from livestock products, and 1,400 from a diversified number of crops, particularly sugar and vegetable oils. People in the developing countries get 1,500 calories from cereals, but only 200 from livestock products and 700 from other crops. What can be expected is a stagnation or gradual decline in the per capita intake of cereals in both the developing and the developed countries. However, because the population is growing more in the developing countries, where the average consumption of cereals as food is 50% higher, world average per capita consumption will probably be fairly close to current levels for most of the next 25 years. As world population itself is expected to rise by 2.2 billion people (1.4% annually between now and the year 2015), there will still be a strong stimulus to increased effective demand for cereals as food.

In addition, there is the continuing and often desperate problem of those who lack the means to make their demand for food effective. The Fifth World Food Survey, undertaken by FAO in 1987, found that between 355 and 495 million people were undernourished. The reasons are complex but mainly have to do with a failure or lack of entitlements or economic access to food. In simple words, these people are too poor. The extra amount of grain required to bring these people's consumption levels to a reasonable level would not be much more—a few tens of millions of tons a year, or 1 or 2% more a year for global production. That is on the assumption that the extra grain exactly matches the unfilled needs, which is of course unrealistic. In practice, the mechanisms for ensuring food for all involve a number of different approaches—increased employment in other sectors, targeting of assistance, and/or low consumer prices. Now depending on the nature of the interdependences, the approaches would act either to cut or to stimulate the effective demand of the not-so-poor via higher or lower prices. However, the net result of all these hypotheses is still that the demand for grains or direct food will most probably continue to expand significantly.

Among different cereals, there has been a long-run trend towards wheat and rice and, to some extent, maize, and away from the other grains. Wheat remains by far the dominant grain in the developed countries, on its own accounting for two-thirds of total cereal consumption. Rice remains the most important in the developing countries, although wheat has closed the gap rapidly. Given the great diversity of food uses of wheat and its convenience, especially in urban environments, it is to be assumed that this trend will continue. Rice remains the preferred grain in most of Asia and parts of West Africa, Madagascar, and several countries in Latin America. This will probably continue to be the case, given the particular culinary role of rice, for which there are few substitutes (perhaps pasta is the exception). What is interesting is that maize has held its own as a food in many countries, while other cereals have tended to become less important except in a few countries.

The feed use of grains has everywhere grown faster than food use and accounts for one-third of global use, a figure that would be higher if it were not for tens of millions of tons

of cereal substitutes that are now used in the EEC because of the uncompetitive price level of cereals. The feed use of cereals greatly exceeds food use in the developed countries (in the ratio of 5 to 2), whereas the food use in the developing countries exceeds feed use in the ratio of 5 to 1, despite the very rapid expansion in feed use in the past 25 years. Given the low current level of meat consumption in the developing countries and in many cases their limited pasture lands, the next 25 years should see a rapid expansion in the demand for concentrate feeds in the developing countries, although many of these countries will continue to seek cheap alternative local feed sources. In the developed countries, two important factors are likely to be at work on the demand for feed. First, policies are changing or are likely to change in Europe, which could lead to significant efficiency gains in the USSR and Eastern Europe, thus putting a brake on the rapid growth of feed use in these countries. On the other hand, moves towards trade liberalization could restore the competitive position of cereals in the EEC, thus boosting their use in the world's third largest market for feed grains, although this effect may be modified by reduced protection for livestock products. Second, meat consumption is already high, and a great deal of the intensification of production has probably already taken place. It is also quite feasible that the growing vegetarian movement in the richer countries could begin to erode the demand for meat and/or lead to a reversion to more traditional methods of animal husbandry, away from factory farming. Environmental concerns and meat substitutes may give this movement a further push. Trying to make sense of these factors is hard, but on balance I think we should assume that the feed use of cereals will continue to expand in the future.

Maize of course remains by far the most important cereal fed to animals, holding on to its 45% share of world cereal feed use over the past 25 years. Barley has kept second place (20%), and wheat has risen in importance while the use of oats for feed has declined. The rise in wheat has been due to two factors. First, some of the modern high-yielding wheats have basically been less suitable for making European-type bread. Second, the price of wheat has often been highly competitive, even cheaper than maize on import markets. The main thrust of export subsidies has fallen on wheat, and so in recent years wheat has frequently been available to importers at very low prices indeed.

Thus, it seems to us that the world demand for cereals, fueled mainly by growing population but, abetted by changing tastes and incomes, will continue to grow at 2-3% a year over the next 2 decades or so. This poses the challenge for the scientists, policy makers, and farmers to raise output at around the same rate (faster in the developing countries, slower in the developed). I will come to the policy questions in a while, but I would like to make a few comments on the more technological issues.

First, as land is scarce, the productivity of land, measured by yield, matters. Although this statement smacks of a truism, an economist would normally focus on the gross productivity of all factors being used in production, not just one of them. Indeed in many parts of the world where water is the binding constraint, people are looking at the yield of cereals per unit of water used. Now the amount of land under cereals has not expanded at

all significantly over the past 3 decades. In the 1960s and 1970s, it rose by a mere 0.6% a year, and in the 1980s it actually fell, mainly because of the amount of land taken out of production in several developed countries under both government set-aside programs and under the stimulus of lower prices. But even in the developing countries, the rate of increase in area has slowed from 1.2% a year in the 1960s to 0.4% a year in the 1970s and 1980s. Although there are still areas that could be brought into production, these are rather limited. The prospects for further double cropping and bringing new areas under irrigation are also limited.

Thus yields are going to be the source of growth in the future, just as in the past few decades. Yet, as report after report warns us, yield increases are becoming more difficult to achieve as the easier options run out. Some broad-based statistics illustrate this point. In the 1960s global cereal yields rose by 3% a year, whereas in the 1970s and 1980s this has declined to under 2%. Probably the decline would have been more marked had it not been for the taking out of tens of millions of hectares of low-productivity land in North America since the mid-1980s. In fact, in the developing countries where CIMMYT has made its greatest contribution, yield growth has fallen from 2.8% a year in the 1960s and 1970s to 2% in the past decade. In the developing countries yield gains have fallen for wheat, rice, and maize and other coarse grains, highlighting the challenges facing CIMMYT.

Second, environmental concerns will continue to grow in importance and will involve some extremely complex analysis. So much of our scientific progress has been achieved by isolating one problem at a time and "solving" it, often with brilliant results, but frequently this approach generates new problems. Although work has been done on whole systems—for example, CIMMYT's research on maize production systems in East Africa—I think it is safe to say that this work is 1) very much harder than partial analysis and 2) still some way off from delivering the goods. Certainly, the information revolution has greatly facilitated the understanding of complex systems, but understanding is one thing and doing something about the problem is another. Sustainable agriculture will require research on soils, on integrated pest management, on rural energy, on water management, on biodiversity, and on social/economic relationships. And even when the research is ready, some hard thinking on social choice, equity, and inter-generational parity will be required.

Third, the question of economic efficiency will remain high on the agenda. The growth of commercialized production, the greater integration of farmers into market systems, and the growing pressure for more market-oriented economic systems will mean that keeping down farmers' costs will be of increasing importance. The alternative to curbing cost increases is providing subsidies, and we all know how government subsidies have run into tax payers' or donors' resistance. This is a formidable extra consideration for research scientists to bear in mind, and perhaps it is asking too much. After all a new technique may be uneconomic in one situation but could be of use elsewhere or at another time.

What then are the prospects for cereal production? Well, having been rather pessimistic so far, I think it is best to say that most of our studies for the medium term indicate that the capacity to produce cereals to meet a growth in demand of 2-3% a year exists, although at some risk to the environment. Other studies have looked into these growth rates and come to somewhat similar conclusions. For the developing countries, our own study, AT 2000, indicated that cereal production could grow by around 2.6% a year. The International Food Policy Research Institute came up with a figure of 2.9% and the International Wheat Council, 2.4%. The World Bank has projected growth in the developing countries to the year 2005 at 2-2.4%. The projections of world cereal production are usually lower than these figures, mainly because the perception is that the output in the developed countries would tend to be constrained by demand to grow more slowly than their capacity to produce would allow. However, there is no doubt in my mind that there can be no let up in the efforts to produce more food, especially in the developing countries, and to close the gap between farmers' yields and those at the research station. This need could be reinforced by some of the policy developments in the future, to which I shall now turn my attention.

The evolution of international policy in the past few years has been particularly rapid and far reaching. The changes in Eastern Europe and the USSR are among the most striking, but the general move towards a greater market orientation of policies in the developing countries and the enormous energies going into reforming agriculture in the Uruguay Round of Multilateral Trade Negotiations are probably just as important for the world cereals economy.

The impact of the change in the entire political/economic structure of the Eastern European countries and the USSR is likely to take many years to be fully accomplished. Institution building, land ownership questions, and management approaches are matters that may require many years to evolve. Of course it is not certain that these countries will adopt a system similar, say, to that in Western Europe. However, it seems safe to say that these countries are likely to rely much more on private ownership and on flexible prices to clear markets and less on planning and on quantity clearing, which is prone to be slow and inflexible. A greater reliance on price clearing and a closer linkage to world markets will eventually bring the patterns of production and consumption closer to those in Western Europe than they are today. This points to a lower consumption of grains (especially in the feed sector, which is notoriously inefficient in these countries) and some increase in farm productivity and should, therefore, result in a more balanced cereal situation than today. However, the weather will still remain a source of significant harvest fluctuations, at least in the USSR.

The Uruguay Round is still underway and no one can be sure that the outcome will be successful. Certainly, if the Uruguay Round fails to bring agriculture into the mainstream of economic activities, there could be several years of aggressive trade conflicts, export

subsidies, and continuing protection of agriculture. However, even if the Uruguay Round fails, which everybody would regret, there does appear to be a long tide running in favor of reduced agricultural protection. Indeed, many countries are unilaterally moving towards a less protected agriculture: New Zealand, Australia, and Sweden are recent examples. Second, there is an intellectual movement against the use of blanket policies like price policies to achieve all objectives. Targeting is becoming more fashionable, not only on the consumption side but on the production side, too, for instance through de-coupled income supports. Third, the costs of protectionism, particularly what is called the deadweight losses, but also the budget costs and the costs to consumers and industry of higher food prices, are increasingly recognized. So let us assume that over the next 2 decades or so world agricultural trade will become more open, protection less, and recourse to export subsidies a more rare event. What would this imply for the world cereal economy? Many studies have been made on this subject, and although they do not all agree, there are some points of near consensus. If the reduction of protection is large and concentrated in the industrialized countries, it is to be expected that in a number of developed countries production would contract and demand would be stimulated in those countries where today producer and consumer prices are high. As a consequence, world trade would expand, and international prices would be higher and possibly more stable than they are today.

This scenario could benefit the most efficient producers, whose exports would rise and whose rural incomes would benefit. It would, however, simultaneously hit the net food importing countries, whose import bills would rise. For the poorer ones, this situation would be painful, as they obviously must buy food. Thus, for countries that are poor and stretched to pay their external debts, the implications of free world trade could be difficult. If they make sufficient gains from other sectors, then it is possible that they could pay for their increased food bills; but if the first charge on their higher export earnings is debt repayment, then it will be the poorest people in those countries who will suffer. Another implication of a freer world trade environment would be the reduced role of governments in stock holding. Most of the surplus stocks that have been built up in the past have been the result of government intervention-buying to support farm prices. These stocks, unwanted by the market, did serve the purpose of providing a cushion or safety net against declines in output. It is thus clear that some residual role for public stock holding, preferably within an international framework, would be needed if we are to provide reasonable stability of food supplies. Indeed, I would argue that in a move towards a freer world market, policies will have to evolve to protect basic food security concerns. In the developing countries, for instance, a move towards a closer linkage of their cereal sectors to world markets would probably be inconsistent with a steadfast adherence to self-sufficiency in food, which has always been one of the basic objectives of most developing countries and which has surely contributed to the great efforts made (and success achieved, in many cases) over the past three decades in raising food output. Here, I am not just referring to whether what are called "nontrade concerns" will be allowed under the

Uruguay Round settlement, but to the wider question of how closely basic food policy will be linked to the general move towards market-orientation in the developing countries.

Nor does this basic question refer to food security policy alone: a similar problem surrounds sustainable development and environmental policy. To what extent will the move towards a more market-oriented economic policy impinge on the development of suitable policies to foster sustainable development and to improve the environment? As economists we are used to discussing external economies or dis-economies and public goods in the national context, but a great deal more will be required to develop an international policy framework. I assume that progress will be made in this area and that this will have repercussions for basic food production. The pursuit of food security, of sustainable development, and of a friendlier environment may require modifications of the more liberalized trading regime. Research can play an important role in widening our policy options and perhaps in reducing the conflicts in objectives. Discoveries that simultaneously improve the environment without pushing up costs, and which have a favorable impact on equity, would help to obviate the need for introducing special regulations and charges that protect the environment but that may hinder trade.

This last statement brings me to the trade outlook over the longer term. Steadily rising demands for grains, a varying production capacity to respond, a more liberalized trading system, and rising expectations for the environment, for food security and for sustainable development, all mean that trade will continue to be a central concern to policy makers. Our view is still that the developed countries are likely to be net suppliers to the world market, although if the Uruguay Round is successful, the growth in exports by the high-cost producers in the developed regions will be cut or reversed and the lower cost producers will expand their sales. They should be joined by a number of developing countries who are food exporters. Most developing countries, however, are likely to continue to require grain imports, not only to meet the basic food needs of their rising populations, but also to cater to the rising demand for livestock products and hence for feedstuffs. The erstwhile centrally planned countries are likely to achieve a better balance in their cereal sectors. On balance, trade in grains is likely to continue to grow over the next 2 decades or so, but perhaps at a slightly slower rate than in the past. Naturally, these trends could change if some widespread threat to food production should emerge, such as the effects of global warming, even though it is not currently expected that such an impact would occur in this period.

I would like to pull these threads together and draw some conclusions for your own concerns. First, international agricultural research will continue to be a vital component in the fight for sustainable development, not least because of the role that centers such as CIMMYT play in supporting the many small and vulnerable national research institutes. Second, the demand for cereal grains is likely to rise substantially over the next 25 years, both for food and as livestock feed. Most of the growth will be in the developing countries who will frequently be in need of the transfer of suitable technology, such as that provided

by CIMMYT. Third, there is a growing emphasis on concerns such as the environment, food security, economic efficiency, and sustainable development, which require, to a significant extent, multidisciplinary systems approaches that are at the frontier of knowledge. Such research is likely to be costly and difficult and, to be successful, requires a strong international component, in which CIMMYT can and should play its important role.

On behalf of the Director General of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, I would like to commend CIMMYT for its many significant achievements in its first 25 years and wish the Center a long and fruitful future.

RESPONSES

SERGIO CHÁZARO LOAIZA
DIRECTOR OF DEVELOPMENT PROGRAMS,
NACIONAL FINANCIERA (NAFINSA), MEXICO

The topic of Mr. Perkins' paper is of particular relevance, especially as we approach the 21st century. In the present decade we are witnessing profound changes in societies all over the world, particularly in the Socialist Block countries. There is a trend towards substituting the concept of comparative advantage for that of competitive advantage, where a country's position is no longer based solely on its natural resources, but also on its technological development, computer capacity, and skilled human resources. The formation of economic blocks seems to be an irreversible trend, and developed and less developed nations are placed in this context.

Within sector analyses, the cereal economy continues to have a specific weight on a global scale. Many studies and analyses have been conducted on this subject. Cereal trade projections are generally based on two approaches:

- Projection of export availability, i.e., the difference between domestic production and internal consumption.

- Projection of the demand for exports, based on certain assumptions on policies, production, and demand in both importing and exporting countries.

The first approach is the one most frequently used by FAO, although in his presentation Mr. Perkins seems to indicate that the second approach is also beginning to be used.

Mr. Perkins gives a brief summary of events over the past 25 years in the world cereal economies. Perhaps it should be pointed out that although there were impressive lows in cereal grain stocks between 1960-61 and 1964-65 (around 150 million metric tons), they dipped even lower during the 1973-74 energy crisis. However, levels recovered and reached about 220 million metric tons during 1982-85 (Paulino 1988). Price fluctuations showed a slight correlation during this period, since they achieved high levels. Nevertheless, there has been a downward trend in recent years, as illustrated in Table 1.

I would now like to comment on the four subjects that Mr. Perkins talks about in his presentation, based on Agriculture towards 2000. As he prudently points out, his conjectures are "to a large extent speculative, with a wide margin of uncertainty about them."

On the subject of the food/feed demand for cereals, rapid growth in the available income in developing countries will inevitably result in a rapid increase in net cereal imports. The scenarios in the model consider it in these terms. Mr. Perkins mentions that if the very poor had access to cereals, the "extra amount of grain required to bring these people's consumption levels to a reasonable level would not be much more—a few tens of millions of tons a year, or 1 or 2% more a year for global production." It should be pointed out that if post-harvest and marketing technologies were improved, the amount of grain saved would partly reduce the need for additional production increases.

I could go on at length were I to comment on the whole range of subjects included in Mr. Perkins' presentation, i.e., changes in the political arena, equity considerations, food security, the environment, and so forth. However, I will focus my comments on the second

Table 1. World cereal price index, 1961-1985 (1977-79 = 100).

Year	Price Index[a]	Year	Price Index[a]	Year	Price Index[a]	Year	Price Index[a]
1961	128	1968	156	1975	148	1982	88
1962	143	1969	153	1976	119	1983	98
1963	143	1970	126	1977	101	1984	98 [b]
1964	138	1971	112	1978	103	1985	85 [b]
1965	135	1972	109	1979	97		
1966	144	1973	187	1980	107		
1967	150	1974	216	1981	119		

[a] Estimated in constant dollar values, includes rice, wheat, maize, and sorghum.

[b] Preliminary data.

Source: Mellor and Raissudin (1988).

subject he presents: production. A quick look at growth rates of the primary sector gives us a point of reference for Table 2. To cite Paulino (1988): "In 1961-80, around 90% of production growth in developed countries resulted from yield increases and only 10% was due to expansion in cultivated area. In contrast, in developing countries this ratio was 65 to 35%, respectively. However, developing countries experienced yield increases of 50% in 1961-70 and 70% in 1971-80, and this trend is expected to continue." Reynolds (1986) underscores the growth of agricultural production in five countries, as shown in Table 2.

What characterizes countries that have demonstrated high growth rates? Vernon Ruttan comments: "Except for Korea, all countries achieving high growth rates over two or three periods are characterized by extensive agricultural development based on great expansion of cultivated area. During the last period, Thailand and Malaysia changed from an extensive cropping system to an intensive one based on high yielding varieties and intensive input use.

The productivity statistics quoted by Mr. Perkins are alarming and, as he pointed out, present a challenge for CIMMYT and for developing countries. Research, as well as technology transfer, continues to be essential. Developing countries will have to focus more on their education, research, and extension policies, although they are not the only variables that account for agricultural sector development. The allocation of scarce research resources to these activities is a high priority. Donor support through the CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) for international centers such as CIMMYT is an example that should be multiplied. According to 1983 figures, the budget for 13 CGIAR centers was on the order of US$176 million. I do not know the total figure for 1991, but I would imagine and hope that it has increased considerably.

In closing, I would like to congratulate Mr. Perkins on his excellent presentation, as well as CIMMYT on its 25th Anniversary.

Table 2. Annual growth rates (%) of agricultural production in five countries: 1952/54-1979/81.

	1952/54-1959/61	1959/61-1969/71	1968/71-1979/81	1952/54-1979/81
South Korea	5.4	3.2	4.2	4.4
Thailand	4.5	5.1	5.1	4.8
Malaysia	3.0	5.6	4.8	4.4
Mexico	5.0	4.5	3.5	4.1
Venezuela	4.5	5.3	3.8	4.4

Source: Reynolds (1986).

References

Mellor, J.W., and A. Raissudin, eds. 1988. Agricultural Price Policy for Developing Countries. The Johns Hopkins Univ. Press. Baltimore and London.

Paulino, L.A. 1988. In: Agricultural Price Policy for Developing Countries. J.W. Mellor and A. Raissudin, eds. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London.

Reynolds, L.G. 1986. Economic Growth in the Third World, 1850-1980. Yale University Press. New Haven, Connecticut.

Michael L. Morris
Economist, CIMMYT Economics Program

Thank you for an excellent, concise overview of projected developments in world cereal economies over the medium- to long-terms. Most people do not appreciate the enormous amount of work done by FAO in collecting and analyzing global production statistics.

CIMMYT relies heavily on FAO statistics in tracking developments in the world cereal economies, particularly the maize and wheat economies. CIMMYT uses macro-level statistics in two main ways:

- To inform researchers and policymakers about trends in world cereals economy (published in the World Facts and Trends series).
- To inform CIMMYT's own research planners.

I would like to extend Dr. Perkins' analysis a bit by:

- Focusing specifically on projected demand in LDCs for wheat and maize (CIMMYT's mandate crops).
- Spelling out implications for CIMMYT.

As Dr. Perkins pointed out, the past 25 years have been characterized by high growth in production and consumption of cereals in the LDCs, but with consumption growing faster than production, leading to increasing reliance on imports. These stylized facts accurately describe recent developments in the global maize and wheat economies. I would add parenthetically that the level of wheat imports into LDCs is currently much higher than the level of maize imports, although maize imports are catching up rapidly.

Although predicting the future is risky, at CIMMYT we regularly attempt to project demand growth for wheat and maize in LDCs as part of our ongoing strategic planning exercise. The idea is to anticipate changes in global consumption and production patterns, especially in LDCs, which can help us decide how to best allocate our limited resources so as to maximize long-term payoffs to our research efforts.

Based on the latest available evidence on expected population and income growth, and using conservative assumptions about the income elasticities of demand for these two cereals, we are currently projecting growth in demand for wheat and maize in LDCs somewhat in excess of the 2-3% per year global aggregate figure Dr. Perkins mentioned.

Specifically, we project demand for wheat in LDCs to grow at a rate of about 3-3.5% per year. Most of the growth in demand for wheat will be concentrated in Asia, where population growth and income growth are both expected to be high. In contrast, growth in demand for wheat will slow in Latin America and decline in Africa, largely as a result of policy reforms to discourage wheat consumption.

We project demand for maize in LDCs to grow at a rate of about 4-4.5% per year. The sources of the growth in demand for maize will vary by region. In Asia, rising incomes will fuel rapid growth in demand for feed maize, whereas in Africa population growth will generate rapid growth in demand for food maize. Latin America will fall somewhere in between, with continued strong growth in demand for food maize concentrated in Central America.

These projections of the geographical distribution of future demand growth, as well as of the type of demand (food vs. feed), have implications for research resource allocation within CIMMYT. For example, the projected demand figures I have just cited, plus our knowledge of where the world's poorest people live, provide clues as to where future research efforts will have to be concentrated. It will be particularly important that CIMMYT direct attention to meeting the future demand for wheat in Asia (particularly South Asia) and to meeting the projected demand for food maize in Sub-Saharan Africa and Latin America (particularly Central America).

In addition, the projected demand figures also provide clues as to the kind of research that will be needed in different production environments. In countries where growth in the area planted to maize and wheat has been slowing, future production gains will come largely through higher yields and increased cropping intensity. The challenge for CIMMYT and for the national programs with which we collaborate will be to develop technologies that will allow higher yields and increased cropping intensity to be achieved and maintained without ever-increasing application of purchased inputs, and in ways that do not lead to the long-term degradation of the environment.

In countries where there is still scope for expansion in area planted to wheat and maize, expansion will often be into marginal production environments where maize and wheat have not traditionally been grown. The challenge for CIMMYT and the national programs with which we collaborate will be to develop cultivars adapted to a broader range of agro-climatic conditions, as well as economically sensible management practices which allow the constraints of marginal environments to be mitigated or overcome without damaging what are often extremely fragile eco-systems.

In closing, I would like once again to thank Dr. Perkins for his insightful remarks on expected changes in world cereals economies and to stress the usefulness of the statistics produced by FAO. Research organizations such as CIMMYT make extensive use of these statistics to track past production and consumption trends, as well as to anticipate future developments in world cereals economies. The supply and demand projections made on the basis of FAO statistics are relied upon as a valuable decision tool to help management channel an increasingly limited stream of resources toward their most productive uses.

Closing Remarks

Donald L. Winkelmann
Director General, CIMMYT

I will take a few minutes to summarize the themes discussed today and to make some observations about CIMMYT's future.

As Sir Ralph Riley observed this morning, an anniversary is a time for looking forward and a time for looking backward. I'd like to look backward first to re-emphasize some of the remarks that you heard this morning on themes that deal with CIMMYT's past. These are treated in detail in our new publication, "Enduring Designs for Change".

The institution has had dramatic success by anyone's standards. Eighty percent of the wheat in the developing world outside of China emerges from materials that are related to CIMMYT's work. That's a phenomenal record. A rising portion of the developing world's maize relates to our work. Some 4,000 people have been through CIMMYT training programs of one kind or another. These trainee alumni, who now form a worldwide network of agriculture researchers, have taken back to their countries the principles that underlie CIMMYT's own work—pragmatism, evenhandedness, working in the fields with the plants, and paying careful attention to the needs of farmers. We make a concerted effort to pass these attitudes on to the trainees who come here.

Several of the architects of these successes, who were here in the beginning, are with us today—Norman Borlaug, Elmer Johnson, Bob Osler, Ed Wellhausen, and Frank Zillinsky. These are the people who launched the institution and on whose vision we will move toward the future.

Now a few words about the presentations that were made today, just by way of review and acknowledgment. A clear message, starting this morning with the comments of

Subsecretary Enrique Rubio, is the impact of change. We see changes in the politics of the world, changes in its economics, and changes in its science. Our publication "Enduring Designs for Change" opens with an observation by Heraclitus who tells us that "Nothing endures but change".

Another clear thread running through everything we heard today is the interaction between productivity on the one hand and protecting the environment on the other. As we accept the challenge of protecting the environment while raising agricultural productivity, we must rely on evermore intensive knowledge-based activities, both in science and on the farm. Third, the topics that shaped today's agenda—science, the environment, and markets—are among the primary external factors that shape and orient CIMMYT's work.

Jock Anderson helped us to understand the articulation between opportunities for the poor in developing countries and agricultural research. He vindicated our belief in the potentially pivotal role of agriculture research. He went on to express four areas of concern: 1) the need to improve the environment for decision making; 2) the need to improve the managerial skills that are applied to research and technological change; 3) the need to improve access to technological change through the introduction of new players—the universities, the private sector, and nongovernmental organizations (NGOs); and 4) the need to take a long view as we look at natural resources.

Alvaro Umaña traced out the changes in the concerns orienting agriculture and agriculture research and talked about the new emphasis on the conservation of natural resources and the environment. He spoke especially about increased land use as people pull down forests in order to open up farmland. He discussed soil erosion, the use of chemicals, and the need for an evermore integrated approach in fitting agriculture within the ecology. Dr. Umaña emphasized the importance of maintaining the current productive potential in agriculture and our desperate need to husband what he called our "patrimonio global". He nicely juxtaposed productivity and protection issues and this idea was expanded on by Dr. Renée Lafitte in her response.

We know that much of the natural resource depletion that occurs in agriculture in developing countries emerges directly from poverty. To the extent, then, that CIMMYT and other agricultural research agencies can have an impact on poverty, we can ameliorate its effect on the environment. One example of how productivity changes can spare the environment comes from India. Were India to meet the wheat utilization of its current population with the yields that it had in the 1960s, it would require 50 million more hectares of land to produce that wheat. That's somewhat more than twice the arable land in Mexico. Had it not been for the increase in wheat yields achieved since the mid-1960s, there would have been absolutely devastating pressure on India's fragile environments.

And now on to some of the observations by Sir Ralph Riley. How to do it better? How to do it faster? How to do it in a less costly way? He pointed to several avenues. He properly

emphasized our interest in plant breeding. He told us about the potential roles of RFLP mapping and encouraged us to invest, to watch, and to be more concerned with developments in that arena. He noted other techniques that we might include in our own work and he wondered a bit about our involvement with maize transformations. He emphasized his sense of the importance of our role as tool users rather than as tool builders—and of course that is very much the way we see high science here at CIMMYT.

A particularly important observation that emerges from Sir Ralph's presentation, is that it is virtually impossible to predict the evolution of science. What we know is that the pace of that evolution is accelerating and the derivative point for us, I think, is that we must be sensitive to those changes, we must be able to monitor them, we must be competent to evaluate them, and we must be capable of accommodating them.

Richard Perkins helped our understanding of the role of maize and wheat within developing countries. He noted, too, the implications for the environment of increasing production and the need for increasing yields and productivity on available lands. I thought his comments were particularly subtle on research's role in widening policy options and in reducing conflicts among objectives. I think this is also one of the points that emerged from Dr. Lafitte's presentation. She was talking about, if you would permit me just a moment of self-indulgence, substituting chromosomes for chemicals. What comes out of that? Higher and more stable yields on the one hand—increasing productivity—and a reduced threat to the environment on the other. This point, it seems to me, has to play a very significant role as we orient our work toward the future. Chromosomes for chemicals—this is one way to reduce conflicts between objectives.

There are some comments that we can make about the future with a high degree of probability. The population, unhappily, is going to continue to grow. We will have poverty. We will see continued emphasis on and concern for the environment. Development is going to be important, agriculture is going to be critical, and research is going to be pivotal.

CIMMYT has a lot of things to do in the future. Some of the themes that we will be focusing on, so as to reduce conflicts among objectives, are greater stability in production and host plant resistance. We'll give some additional attention to the way that crops affect natural resources. In the past much of the effort in agricultural research focused on the way natural resources affect those plants with attention to how the influences could be ameliorated. The future will see the balance redressed with added emphasis on the natural resources and ameliorating the undesirable effects of crop and livestock production.

And what about international agriculture research and the context for its future? We can almost certainly expect to see increasing importance of the private sector in developing countries. Attitudes are changing and the effects will emerge through the next two decades, with a far greater role for the private sector in developing country agriculture.

And that development might imply new roles for CIMMYT. For example, if wheat hybrids become commercially possible over the next two decades, think of the impact that would have on the orientation of CIMMYT's research on wheat, of the enormous expansion in private sector wheat varieties that would be available to our clients, and think of their implications for CIMMYT's work.

We will see a greater role for NGOs in developing countries; we will see, I believe, a mounting pressure on public sector agriculture research to meet its challenges in a timely and efficient way. We will see, in our own jargon, changing patterns of supply for the commodities that we produce.

We will see a continuation of both altruism and self-interest in the donor communities. There will emerge a critical recognition that some research will only be undertaken by publicly financed institutions such as ours. For example, publicly financed research will play a critical role in issues concerned with productivity and the environment.

The task is daunting. CIMMYT's culture—featuring a pragmatic awareness of client needs, direct involvement in field work, and evenhandedness in dealing with clients—has served us well in the past and will surely be a source of our continuing success. As well, knowing the science that guides our practices will play an evermore vital role.

On that note, let me briefly return to a theme that Sir Ralph developed on the "two cultures issue" in contrasting the new science with the proven science in plant breeding. I think that the pragmatism, which has motivated CIMMYT's work over the past 25 years and its predecessor's work for 20 years before that, will ensure that there will be a meshing of new science with proven science here within CIMMYT. Our tradition is "if it works, we'll use it" and that certainly is what one sees in the current relationships between our applied molecular biology lab and our plant breeders.

We'll see new forms and new norms for undertaking our work over the next years and, in particular, the interaction of changes in science and changes in our society will almost certainly open up new avenues and new structures through which we'll work. Through all this, our vision will stay the same. We'll continue to emphasize opening options for the poor. In doing so, however, we will take advantage of new opportunities. Back to Heraclitus: nothing endures but change. We are ready for the changes and searching for the opportunities.

Let me thank all of you for your attention. We have heard many themes discussed by distinguished speakers. They have given us a broad view of agriculture and its relationship to development. I especially want to thank Jock Anderson, who has made a supreme sacrifice by flying all day so to get here from Thailand. I also want to thank Alvaro Umaña, who dropped in on us en route to London. And to all of you, our thanks for your contribution to our understanding of the elements that will shape our activities over the next decades.

Biodata of Speakers and Discussants

Jock R. Anderson (Australia)
Agriculture and Rural Development Department,
International Bank for Reconstruction and Development
(World Bank)

Dr. Anderson is presently on leave from his position as Professor of Agricultural Economics and Business Management, University of New England, Armidale, New South Wales, Australia. His research interests in agricultural economics include the analysis of risk and uncertainty, applied response analysis, and analysis of agricultural research policy. He served as the Deputy Director and Chief Research Economist of the Australian Bureau of Agricultural Economics, directed the 1984 CGIAR Impact Study, and has worked extensively with international agricultural research centers, as well as FAO, IFAD, and the World Bank.

Derek Byerlee (Australia)
Director, CIMMYT Economics Program

Dr. Byerlee obtained his PhD in economics at Oregon State University (1971). His academic experience includes research fellowships at the University of New England, Australia, and Njala University College, Sierra Leone, in addition to an appointment as an Associate Professor in agricultural economics at Michigan State University. In the years prior to taking up responsibilities as Director of the Economics Program, Dr. Byerlee was posted to the CIMMYT bilateral program in Pakistan, where he worked closely with national program colleagues to strengthen the capacity for social science research, mainly by conducting farming-systems based research. His interests in agricultural economics range from on-farm adaptive research to agricultural policy and the economics of agricultural research.

Sergio Cházaro Loaiza (Mexico)
Director of Development Programs, Nacional Financiera (NAFINSA)

Dr. Cházaro has a PhD in Agricultural Economics and Administration from Purdue University and worked as a professor and department head in the Technological Institute of Monterrey (ITESM) from 1968 to 1975. Since 1975, he has applied his skills to a broad range of responsibilities within the Mexican government. In both the agriculture and commerce ministries, he coordinated efforts to formulate policies for setting guaranteed prices on agricultural commodities. In 1979-80, he was Manager of Agriculture and Livestock Projects of the Mexican National Foodstuffs Corporation (CONASUPO). During 1981-83 Dr. Cházaro served as Representative of the Secretary of Agriculture and Water Resources (SARH) in the state of Veracruz and the following year as director of an advisory office to the President on agriculture and livestock markets. He then moved to the Mexican Central Bank as Technical Subdirector of the Commercial Development Fund, a position he held for four years prior to his present appointment.

Ernesto Enríquez Rubio (Mexico)
Undersecretary of Agriculture, Mexico

Mr. Enriquez Rubio obtained a BA in law and another in business administration in 1967, the first from the Escuela Libre de Derecho and the second from the Autonomous Technological Institute of Mexico (ITAM). He later pursued postgraduate studies in international relations at University of the Américas in Mexico City, in government at American University in Washington, D.C., and in public finance at the National Autonomous University of Mexico (UNAM). Since then he has held several high political posts and has served the Mexican government in various capacities, such as Executive Director of Banco Mexicano Somex, Deputy Director General of Material Resources for the National Railroad of Mexico, and as Undersecretary of Livestock at the Ministry of Agriculture and Water Resources.

Luis Herrera-Estrella (Mexico)
Head, Department of Plant Molecular Biology, Center for Research and Advanced Studies (CINVESTAV) of the Mexican National Polytechnic Institute (IPN)

Dr. Herrera-Estrella completed PhD and postdoctoral studies in plant genetic engineering at the Rijksuniversiteit, Ghent, Belgium, in 1986. The laboratory under his direction focuses on the use of molecular biology tools to develop maize, tomato, bean, pepper, and tobacco genotypes that possess resistance to key diseases and insect pests. Other research pursuits of his group includes collaboration with CIMMYT's Applied Molecular Genetics Laboratory on two projects, one relating RFLP probes to genomic segments associated with drought tolerance in maize and a second screening strains of Bacillus thuringiensis against tropical maize borer insects. Dr. Herrera-Estrella's work has been recognized with awards from the New York Academy of Sciences, UNESCO, and the Mexican Academy of Scientific Research.

Renée Lafitte (USA)
Acting Coordinator, Agronomy/Physiology Subprogram, CIMMYT Maize Program

In addition to a PhD in plant physiology from the University of California at Davis, Dr. Lafitte's background includes degrees in botany and agronomy. Her current duties at CIMMYT involve working with breeders to generate maize with tolerance to abiotic stresses common in developing country production environments, such as drought and nitrogen deficient soils. Between 1987 and 1991 she conducted in-service training courses at CIMMYT headquarters to help developing country researchers apply on-farm research and other techniques to identify farmers' production constraints and formulate appropriate crop management recommendations.

Burton Matthews (Canada)
Professor, Department of Geography, Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo, Canada

Chairman of the CIMMYT Board of Trustees, Dr. Matthews has a PhD in Soil Chemistry, with minors in Geology and Physical Chemistry, from Cornell University (1952). He has taught soil science, geography, and related disciplines at leading universities in Ontario and served as Vice Chancellor and President of the universities of Guelph and Waterloo. In addition, he has held a series of directorships with national and provincial associations on higher learning. His activities in the private sector include appointments as director of firms such as Campbell Soup Company, Mutual Life Assurance Company of Canada, and John Wiley & Sons.

Michael L. Morris (USA)
Economist, CIMMYT Economics Program

A former Peace Corps volunteer in Sierra Leone, Dr. Morris received his PhD in Agricultural Economics from Michigan State University in 1986, specializing in agricultural development/food policy and related fields. His contributions at CIMMYT have focused on commodity sector and policy analyses related to maize and wheat, including an extensive examination of the Paraguayan maize sector in collaboration with the national program and a study of the comparative advantage of wheat production in Zimbabwe. He has also coordinated research on major trends and policy issues in the maize and wheat economies, the results of which have been published in CIMMYT's Facts and Trends series. During the past year he has helped develop and analyze a study on the impacts of maize research in developing countries. Presently he is involved in evaluating the returns to wheat breeding research in Nepal.

Richard Perkins (UK)
Director of Commodity and Trade Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Between 1958 and 1971 Mr. Perkins held teaching and research positions in the faculties of economics at the University of Manchester and agriculture at the University of Newcastle-upon-Tyne, also serving as a consultant in agricultural economics to a number of

international organizations and industrial firms. In 1971 he joined FAO as Senior Econometrician in the Commodities and Trade Division, with responsibility for agricultural commodity projection and international commodity and trade analysis. Since 1978 Mr. Perkins has served as Chief of the Commodity Policy and Projections Service, Deputy Director and, beginning in early 1989, Director of FAO's Commodity and Trade Division.

Sanjaya Rajaram (India)
Leader, Germplasm Improvement Subprogram, CIMMYT Wheat Program

Dr. Rajaram has furthered the work begun by Nobel laureate Dr. Norman E. Borlaug, generating widely adapted, high yielding wheat germplasm for use by breeding programs of developing countries. His efforts have been tremendously successful, resulting among other achievements in the development of the Veery family of wheats, whose derivatives are sown on more than 5 million hectares throughout the developing world. The impact of that research was formally honored with the presentation to CIMMYT of the King Baudouin International Agricultural Research Award in 1988. Dr. Rajaram completed his PhD studies in 1968 at the University of Sydney, Australia.

Sir Ralph Riley (UK)
University of Cambridge

Sir Ralph is a cytogeneticist/breeder of wheat, formerly Director of the Plant Breeding Institute, Cambridge, and Chief Executive of the UK Agricultural Research Service. He has served on the Board of Trustees of the International Rice Research Institute (IRRI), and is currently a Trustee of the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). His honors include the titles of Fellow of the UK Academy (Royal Society), Foreign Associate of the US Academy of Sciences, Foreign Fellow of the Indian National Science Academy, and member of the Academie d'Agriculture of France. He won the Wolf Foundation International Prize in Agriculture in 1986 and was Chairman of the 1988 External Program Review of CIMMYT by the CGIAR Technical Advisory Committee (TAC).

Leopoldo Solís (Mexico)
Director General, "Lucas Alamán" Institute of Economic and Social Research

Lic. Solís studied economics at the Mexican National Autonomous University (UNAM) and Yale, where he obtained his MSc, specializing in aggregate economic models. He subsequently worked as an economist in Technical Office of the Mexican Central Bank, as Supervisor of Economic Analysis for the Bank's Department of Economic Studies, and later as head of that department. In 1970 he was named Director of the Coordinating Office for Economic and Social Planning of the Ministry of the President. Upon leaving that post, Lic. Solís conducted research as a Visiting Professor at the Woodrow Wilson School of Public and International Affairs of Princeton during 1975-76, returning to Mexico to accept the position of Subdirector General of the Central Bank, an appointment he held until 1985. He has also served on the Development and Planning Committee (an advisory agency of the United Nations General Secretary) and as Coordinator of the

President's Committee of Economic Advisors. He is a member of the Mexican Academy of the Spanish Language and the Mexican Colegio Nacional.

Alvaro Umaña Quesada (Costa Rica)

Vice President, Environmental Study Center, Central American Institute of Business Administration

In addition to a PhD in environmental engineering from Stanford University (1979), Dr. Umaña holds degrees in economics, environmental pollution control, and physics, and was conceded the degree of doctor of laws honoris causa from Williams College. He served as Minister of Natural Resources, Energy, and Mines of Costa Rica from 1986 to 1990, and is currently President of the Arias Foundation for Peace and Human Progress, an associate professor at the Instituto Centroamericano de Administración, a member of the Executive Council of UNESCO, an advisor for the Nature Conservancy and the World Wildlife Fund, a Trustee of the Centro Internacional de Agricultura Tropical, and a consultant on energy planning and policy to the United Nations Development Program (UNDP) and the Costa Rican legislature.

Guy Vallaeys (France)

Ex-Advisor to the Director General, Center for International Cooperation in Agricultural Development Research (CIRAD)

Upon finishing his university studies in tropical agriculture in 1948, Dr. Vallaeys served first as head of coffee and cacao tree improvement at a research center in Zaire and subsequently worked for more than two decades at the Tropical Agriculture Research Institute (IRAT) in France, where he held the positions of Deputy Director of Research Programs, Director of Research Programs, and Deputy Director General. Since his "retirement" in 1983, he has lent his expertise in advisory positions with the Department of Scientific Research of the Ministry of Foreign Affairs, the Department of Research in Cooperation of the Ministry of Research and Technology, and the Center for International Cooperation in Agricultural Development Research (CIRAD). In addition, he has served on scientific and technical committees of the University of Paris, the West Africa Rice Development Association, and the French Institute of Scientific Research for Cooperative Development (ORSTOM), as well as on the governing boards of a number of international agricultural research centers, including CIMMYT.

Donald L. Winkelmann (USA)

Director General, CIMMYT

An experienced economist and professor whose research and teaching career includes work at the University of Minnesota, Iowa State University, and the Graduate College of Chapingo, Mexico, Dr. Winkelmann received his PhD in Economics from the University of Minnesota in 1963. He is the founding member of the CIMMYT Economics Program and served as its Director from 1978 to 1985. In those capacities, Dr. Winkelmann was instrumental in the formulation and dissemination of the on-farm research methodology and helped define the role of economists in commodity based agricultural research. He has served as Director General of CIMMYT since 1985.

Discurso inaugural

Ernesto Enríquez Rubio
Subsecretario de Agricultura
de México

Sr. Burton Matthews, Presidente del Consejo Directivo, Dr. Donald Winkelmann, Director General del CIMMYT, señores embajadores, señores investigadores, señoras y señores:

El cambio ha caracterizado al mundo moderno en los últimos 20 años: quien no cambia, retrocede, quien no cambia con la velocidad que requiere el cambio, no se mueve. Democracia con justicia social, libertad con seguridad jurídica, apertura de mercados con equidad, participación política de las mayorías y las minorías, son principios que se debaten en todo el mundo. En el área tecnológica, lo que ayer era el radio, hoy son microondas y fibra optica, lo que antes era cruzamiento de variedades hoy es biotecnología y cultivo de tejidos, lo que antes era abrir tierras sin medir el impacto ecológico, hoy se convierte en agricultura sostenible.

México no podía quedar al margen de estos cambios; primero, de una organización eminentemente centralizada tiene un cambio dramático en los últimos 10 años hacia una organización preferentemente descentralizada; de una organización basada en el clientelismo político se abre a un sistema basado en un régimen de partidos; de un estado administrador busca ser un estado conductor; de un proteccionismo a ultranza busca la productividad y de un estado de seguridad jurídica va a un estado de seguridad social.

En este contexto, la agricultura mexicana también experimenta dramáticos cambios. El primero de ellos, de un enfoque de empuje de oferta está cambiando a un

enfoque de jalón de demanda; basta un solo ejemplo, el caso del trigo mexicano, para señalar esta transformación de una economía cerrada en donde el estado era responsable de la comercialización. El trigo valía lo mismo en un lugar o en otro, independientemente de donde se produjera o que hubiera que transportarlo 3,000 kilometros y guardarlo durante once meses. Así, en el ángulo noroeste del país en 45 días se produce el 93% de la producción nacional de trigo; el 70% de dicha producción se transporta más de 1500 kilómetros y se conserva durante once meses antes de ser consumido. Al abrirse los mercados, habrá un cambio sustancial en las entidades que producen el trigo y en el patrón de cultivos en México.

El segundo punto es el de manejar una agricultura con costos reales. Hasta hace cuatro años, la agricultura mexicana contaba con varias fuentes de subsidios: subsidios en la tasa de interés, en el seguro, en el fertilizante, en las cuotas y el costo del agua, en el transporte y en la comercialización. El pasar a una política de costos reales implica otro dramático cambio para el país. Por ejemplo, hasta hace pocos años, en los comités directivos los productores discutían los costos con la autoridad para elevarlos lo más posible, ya que en base a esos costos se daba crédito y se fijaban los precios. Hoy día, los precios, salvo en el caso de dos cultivos, maíz y frijol, se fijan por el mercado, por referencias internacionales y un margen de protección. El crédito ha tenido un cambio substancial en los últimos dos años y ahora se otorga ya no en función del costo del cultivo, sino de la productividad esperada y el ingreso, que es el que determina la capacidad de pago. El seguro se transforma de un seguro de crédito del cual provenía el 85% de las recuperaciones totales del crédito, a un seguro de daños catastróficos que protege contra eventos no imputables al productor.

La política de fertilizantes ha cambiado totalmente. La mayor producción de fertilizantes del país se da en el sureste de México. Antes el fertilizante valía lo mismo en el sureste que en el noroeste o el noreste y, en consecuencia, las entidades menos desarrolladas del país, las del sureste, subsidiaban los fletes de las más desarrolladas. De esta forma se anulaban las ventajas comparativas que tenía el sureste por su cercanía a los fertilizantes. En cambio, se acentuaban sus desventajas comparativas en los rubros en que su productividad era menor comparada con las entidades norteñas. Los precios del fertilizante a partir de este año se establecen en función de la distancia. Se abrieron las fronteras para que pueda haber también competencia con las empresas de fertilizantes extranjeras, se vendió la empresa estatal de fertilizantes y se amplió la gama de proveedores de fertilizantes a los productores mexicanos.

El monopolio estatal de la producción e investigación de semillas se abre para que los institutos privados y particulares puedan investigar, transformar, comercializar. Hay cambios substanciales en materia de comercialización. El gobierno hasta hace tres años manejaba prácticamente todos los básicos; actualmente maneja únicamente maíz y frijol en una proporción no mayor del 30%. Finalmente, hay libertad para realizar el transporte en las regiones, sin ninguna limitación.

En este contexto de reformas era necesario hacer cambios también en materia jurídica. La legislación contenía severas restricciones que impedían que la propiedad social pudiera evolucionar. El párrafo tercero del Artículo 27 constitucional establece dos tipos de propiedad: la propiedad pública y la propiedad privada. Esta última está sujeta a restricciones que el interés público señala. Así, la propiedad privada incluye la propiedad particular, la comunal y la ejidal. Existen restricciones más severas a la propiedad comunal y la ejidal que a la pequeña propiedad, como por ejemplo, las restricciones de dominio, de libertad y asociación, restricciones de actos normales de operación que requiere el cambio. Por lo tanto, la reforma actualmente debatida en el constituyente tiene tres enfoques, el primero de seguridad jurídica que elimina el reparto agrario.

México es el único país en el mundo en que hubo un reparto agrario, un reparto que ha durado 74 años. La seguridad jurídica significa que una vez aprobadas las reformas, el pequeño propietario no estará sujeto a que en cualquier momento o por cualquier circunstancia tenga que ir a juicio para demostrar su propiedad en virtud de que otros la solicitan. Asimismo, significa que el comunero y el ejidatario ya no estarán sujetos a que cada dos años se haga una revisión que pudiera privarlos del derecho que la nación les ha otorgado.

Si se aprueban las reformas, comuneros, ejidatarios y pequeños propietarios tendrán seguridad jurídica, derecho básico que el gobierno debe garantizar. Esto significa que existirán tribunales en los que se podrán ventilar las diferencias entre las formas de tenencia y que, por consiguiente, la autoridad administrativa ya no tendrá la facultad de dar y quitar, de ser juez y parte sin estar sujeto a los términos, condiciones, caducidad y prescripción que todo orden jurídico demanda.

Asimismo, se establece claramente la pequeña propiedad y se incorpora la pequeña propiedad forestal, que hasta este momento no se había definido, a fin de permitir su desenvolvimiento, sancionando severamente cualquier acción de acaparamiento que pueda llevar al latifundio. Y por último, se permitirá que los productores hagan mejoras, lo cual hasta este año estaba sancionado y que creaba un círculo perverso en el que se premiaba al ineficiente y se sancionaba al eficiente. La reforma también eleva a categoría constitucional la protección a la comunidad y el ejido, equiparándolas y dándoles la misma seguridad y las libertades que tiene el pequeño propietario. Quedarán protegidas también las comunidades indígenas y el territorio del ejido y de la comunidad al crearse la posibilidad de la restitución de tierras y bosques a las comunidades. Por otro lado, los productores podrán, sin distingo de tenencia de la tierra, asociarse y, con ciertas modalidades, transferir la propiedad de sus bienes.

En apoyo a esta reforma se requieren también cambios substanciales en materia de crédito. Esta reforma irá aparejada de un proceso de capitalización del campo mediante un análisis de las deudas acumuladas por razones de ajuste económico, de competitividad y catastróficas, a fin de reincorporar al crédito a miles de productores. En apoyo a la medida

se canalizarán para el próximo año 21 mil millones de pesos, 1.7 mil millones de pesos para apoyar a la infraestructura hidroagrícola. Asimismo, se establece un sistema de apoyo directo a los productores, sobre todo a los menos desarrollados. Como resultado de la política agrícola, el esfuerzo de los productores y buenos años de lluvia, el país ha recuperado la total suficiencia de los cultivos de maíz y frijol, produciendo 14 millones de toneladas del primero y 1.2 millones del segundo. En trigo, estamos a punto de lograr la autosuficiencia, pues se produjeron más de 4 2 millones de toneladas de ese cereal.

Esto no quiere decir que las cosas estén bien en el campo mexicano. El 26% de la población económicamente activa todavía vive en el campo. Existe un grave deterioro de los recursos naturales y la infraestructura almacenaria es ineficiente, a tal grado que en algunas zonas el 30% de la producción se pierde por falta de una red de frío o un sistema de almacenamiento adecuado. También hay problemas en el transporte, pero sobre todo existe una gran debilidad de organización con un enfoque a la producción de los productores.

En los próximos meses trabajaremos en la implantación de un esquema para organizar a los productores por producto. Las distintas organizaciones de productores se reunirán con industriales, comerciantes y investigadores con el objeto de buscar el equilibrio entre cada uno de estos agentes económicos. La investigación será validada por los productores, las organizaciones concertarán sus precios y establecerán con los bancos las condiciones sobre las cuales pueden establecer su capacidad de pago. Estas organizaciones se verán fortalecidas porque el gobierno federal realizará una transferencia total de las instalaciones que actualmente maneja. De hecho, el proceso ya ha comenzado: de las 650 instalaciones que el gobierno federal tenía en 1990 (incluyendo fábricas, centros de demostración, laboratorios, centros de fomento y puntos de control cuarentenario), todas menos cinco quedarán en manos de las organizaciones de productores antes del mes de abril 1992.

La investigación y la tecnología es el segundo aspecto de la modernización del campo que va a requerir el máximo esfuerzo. Además de vincular la asociación de los productores necesitamos establecer las provincias agronómicas para que los productores en un marco de libertad produzcan donde sus ventajas comparativas les permitan alcanzar el nivel de ingreso y bienestar al que aspiran. En un cambio al sistema total de extensión del gobierno federal, la asistencia técnica será manejada, contratada y pagada por los productores. El gobierno federal conservará solamente los servicios de extensión a fin de vincular los campos de investigación con los servicios de asistencia técnica. De un aparato burocrático que llegó a 35,000 empleados, quedaran 2,500 antes de que termine 1994. Los productores contratarán asistencia técnica en cuatro modalidades: 1) mediante el pago directo, 2) con cargo a su crédito, 3) con cargo a su productividad esperada, y 4) con un reembolso decreciente del gobierno federal durante tres años. De esta manera, irán asumiendo la responsabilidad de la asistencia técnica, entendiendo que no es un gasto, sino una inversión.

No obstante, estos cambios no pueden darse si no instrumentamos, para los que menos tienen, una red de protección que abarque 1) la asociación en parcelas de demostración y en producción, 2) apoyos directos a los productores para compensar los diferenciales de subsidio con otros países, 3) capacitación y 4) infraestructura para la conversión productiva en zonas donde la alternativa agrícola no lo es (en los próximos años casi dos millones de hectáreas pasarán a la ganadería o a la explotación forestal). Asimismo, se fomentará la incorporación a otras actividades, como la turística o la minera, se realizarán obras públicas y de inversión para generar empleo transitorio y se promoverá la educación, los servicios de salud y un programa especial de nutrición, a fin de gradualmente, en un período de 20 años, lograr la conversión total de la agricultura mexicana.

En este contexto, el papel del CIMMYT adquiere una especial relevancia, pues está vinculado desde su fundación con la producción triguera en México. Más del 90% de la misma, es decir, más de tres millones y medio de toneladas cada año provienen del germoplasma generado por el Centro. El CIMMYT ha desarrollado también variedades de maíz y, entre otros esfuerzos, realiza un programa de investigación muy intensivo orientado a crear germoplasma mejorado que se adapte a los valles altos de México. No podemos hablar del CIMMYT sin mencionar al Dr. Norman Borlaug y el Dr. Edwin Wellhausen, dos hombres que han hecho enorme aportaciones a la producción nacional de trigo y de maíz. Cabe recordar también a los 100 investigadores mexicanos que han venido al CIMMYT para adquirir nuevos conocimientos y tecnologías. Asimismo, deseo mencionar a los 850 mexicanos que laboran todos los días este Centro y que así contribuyen a incrementar la producción y productividad en el campo. Los próximos años serán de enorme trabajo para el CIMMYT, junto con el INIFAP, el instituto de máxima complejidad en México en materia de investigación forestal, agrícola y pecuaria.

El señor Secretario me instruyó plantearles a ustedes cinco áreas fundamentales de trabajo. La primera de ellas es la regionalización en base al potencial productivo. El próximo año, se echará a andar un programa intensivo de asistencia técnica, manejo de semillas mejoradas y fertilización, coordinado por el INIFAP y en el que colaborará el CIMMYT. Dicho programa abarcará 1,300,000 hectáreas y en dos años se espera incrementar en al menos un 50% la producción de maíz y frijol en esas zonas. Aunque el CIMMYT y el INIFAP tendrán la carga y la responsabilidad fundamental, el gobierno federal asignará a este programa, en colaboración con los gobiernos de los estados, más de 150 mil millones de pesos.

La segunda es el incremento de la productividad en los valles altos de México donde se encuentran dos terceras partes de la superficie sembrada con maíz en valles altos en el mundo. Se requiere un esfuerzo substancial para incrementar tanto los rendimientos como la resistencia a bajas temperaturas. Habrá que incrementar también la productividad en la zona del centro y facilitar el cambio de variedades de trigo a fin de atender a un mercado que ahora no le importa tanto el volumen, sino la calidad.

El tercer punto consiste en acelerar la generación de tecnologías rentables que permitan abatir costos y, lo más importante, lograr una producción sostenible, teniendo en cuenta que la protección de los ecosistemas es una prioridad insoslayable. El cuarto implica la asociación del INIFAP con el CIMMYT en programas que introduzcan alternativas productivas en las zonas que actualmente por razones de mercado no pueden competir. El último punto demanda la incorporación de tecnologías y el valor agregado para vincular la producción básica con su transformación.

Señores y señoras, el señor Secretario me ha instruido transferirles el reconocimiento a este organismo por 25 años de servicio a la humanidad y por el impacto trascendental que ha tenido en la producción agrícola mexicana. Finalmente, el Gobierno de México espera demostrar que con el esfuerzo conjunto de instituciones como el CIMMYT y de organizaciones estatales, y con el apoyo de los productores, en los próximos años se podrá hacer una conversión sin precedente en la agricultura en México. Muchas gracias.

El desarrollo agrícola en el Tercer Mundo: Orientaciones recientes y futuras

Michel Petit,* director, y Jock R. Anderson, economista principal del Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial)

*No asistió al simposio.

Resumen

El progreso tecnológico constituye la llave maestra que nos dará acceso a los incrementos de productividad que se requerirán en el futuro para asegurar un suministro adecuado de alimentos y a los conocimientos que necesitamos para aumentar la productividad de los recursos naturales. La inversión en estos conocimientos es la prioridad más crítica para el futuro. Las estrategias que usen para lograr un desarrollo agrícola global tendrán que considerar los siguientes elementos: 1) la reforma de políticas ineficientes; 2) el mejoramiento de las instituciones en general y específicamente de las que están al servicio de la agricultura; 3) un programa de acción dirigido a mejorar el manejo de los recursos naturales, y 4) un progreso tecnológico continuo gracias a la inversión constante en la investigación agrícola y en las actividades que generan conocimientos, en especial en los sistemas educativos. El CIMMYT se centra en incrementar la productividad de los cultivos que los pobres consumen, y esto es también lo que debe hacerse para reducir la pobreza e impulsar el crecimiento económico. Así pues, los retos que el CIMMYT y otros centros internacionales afrontan son 1) encontrar nuevas maneras de colaborar con los sistemas nacionales de investigación agrícola en el mejoramiento del sistema mundial de generación, difusión y implementación de tecnología, y 2) dar mayor atención a

ciertos aspectos de sus actividades de investigación (por ejemplo, la investigación en beneficio de los ambientes marginales y de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo).

Como representantes del Banco Mundial, estamos encantados de tener la oportunidad de participar en esta conmemoración tan especial. Es especial en muchas formas, como lo es el mismo CIMMYT. En los años de formación del Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR), se especulaba sobre su posible evolución y se hablaba vagamente de la "vida natural" de los centros internacionales, que se consideraba sería de unos 25 años. Nosotros no formábamos parte de esos especuladores y hoy, para expresar nuestra opinión personal, vemos que la necesidad de que exista el CIMMYT o algo muy similar a él persistirá por lo menos durante varios decenios y probablemente por más tiempo.

Las funciones claves de la agricultura en el desarrollo

Este no es el momento ni el lugar para intentar una revisión de las conjeturas sobre las diversas funciones que podría tener la agricultura. Más bien, deseamos coincidir con el consenso alcanzado de que, al menos en muchas economías agrarias del mundo menos desarrollado, la agricultura desempeña una función fundamental como motor del crecimiento económico. Millones de personas pobres viven y luchan para subsistir en las zonas rurales de esas economías y la forma más eficiente de incorporarlas al proceso de crecimiento económico es a través del desarrollo agrícola. Por supuesto, se puede fomentar la función de la agricultura en muchas formas diferentes. Por ejemplo, en una época anterior la provisión de servicios de irrigación era una fuerza impulsora importante, en la cual nuestro propio organismo participó activamente. Como todos los asistentes saben, la eficacia de ese desarrollo infraestructural fue estimulada en los 60 y los 70 por la llegada de las variedades modernas de cereales y la disponibilidad mucho mayor de fertilizantes para las zonas más húmedas y las irrigadas. No obstante, los tiempos han cambiado y, cuando consideramos las perspectivas de lograr nuevos aumentos en las zonas irrigadas, encontramos posibilidades limitadas y, por consiguiente, gran preocupación por el sostenimiento de las infraestructuras rurales existentes, muchas de ellas ya anticuadas, basadas en las instalaciones de irrigación. En el Banco nos hemos preocupado por esto y hemos iniciado varios programas de acción en diversos países mediante revisiones del sector irrigación, nuestro enérgico apoyo al Instituto Internacional de Manejo de la Irrigación (IMMI) y, más recientemente, una importante iniciativa para la promoción de investigaciones técnicas sobre la irrigación y el drenaje, con el fin de abordar algunos de esos problemas que no han sido reconocidos ni atendidos adecuadamente en los últimos decenios. A pesar de lo que se dice, el Banco está realmente interesado y participa activamente en la solución de los problemas tecnológicos.

Muchos estudios han demostrado que el desarrollo agrícola impulsado por la tecnología puede contribuir en forma considerable al crecimiento de los ingresos nacionales y no es necesario que los reexaminemos aquí. Una literatura amplia y más polémica analiza los

efectos que ha tenido el cambio tecnológico en la reducción de la pobreza (Lipton 1980; Hazell y Ramasamy 1991).

Las articulaciones con sectores no agrícolas generadas por los cambios tecnológicos pueden acentuar tanto el crecimiento económico como los efectos reductores de la pobreza del mejoramiento agrícola. Una agricultura en desarrollo requiere insumos no agrícolas de la producción y proporciona materias primas a empresas de transporte, procesamiento y comercialización. Asimismo, los incrementos de los ingresos agrícolas provocan una mayor demanda de bienes y servicios por parte de los consumidores. Además de estimular el crecimiento económico nacional, esas articulaciones entre la producción y el consumo influyen en la pobreza y los patrones de crecimiento espaciales, en particular cuando el desarrollo agrícola se produce en las numerosas fincas pequeñas y de tamaño mediano (Johnston y Kilby 1975; Mellor 1976). Como gran parte del resultante crecimiento de las actividades no agrícolas ocurre en las zonas rurales y pueblos pequeños, también puede contribuir a frenar la emigración hacia las áreas urbanas. Además, los tipos de bienes y servicios no agrícolas requeridos por las fincas pequeñas y medianas suelen ser producidos por empresas pequeñas con mano de obra intensiva, cuyo crecimiento puede a su vez aumentar las oportunidades de empleo de los pobres. Estos efectos han sido fuertes en Asia (véase, por ejemplo, Bell et al. 1982; Hazell y Ramasamy 1991), pero al parecer son más débiles en Africa al sur del Sahara (Haggblade et al. 1989; Haggblade y Hazell 1989).

El debate sobre la necesidad de combatir la pobreza ha sido estimulado por la publicación del Informe sobre el desarrollo mundial 1990, donde, entre otras cosas, se señala (p. 29) que "la pobreza ... tiende a ser peor en las zonas rurales, ... [como lo son] los problemas de malnutrición, falta de educación, corta esperanza de vida y vivienda deficiente ... Esto sigue sucediendo en América Latina, a pesar de las tasas elevadas de urbanización ... [la pobreza rural] es un factor crítico en la incidencia y las dimensiones de la pobreza en general." Subsisten las dificaitades de definición, pero son abrumadoras las pruebas de que los organismos de desarrollo deben concentrar sus programas más directamente en este problema básico y buscar con urgencia medios eficaces para mejorar la situación, sobre todo en las zonas rurales. Este es un problema para organismos como el nuestro. Como tal, no parece merecer un lugar destacado en el programa de trabajo de instituciones orientadas a las tecnologías como el CIMMYT. Recientemente hemos visto cómo el Comité Asesor Técnico (TAC), en su última revisión de las prioridades, incluye las dimensiones de la pobreza en los criterios que sigue en la asignación de recursos a todo el sistema. El CIMMYT debe tener en cuenta, y seguramente lo hace, que dar una importancia excesiva a la equidad puede representar un costo considerable en términos de la obtención de los objetivos generales. Entre tanto, el CIMMYT se concentra en aumentar la productividad de los cultivos que consumen los pobres y esto es lo que se debe hacer para aliviar la pobreza y lograr el crecimiento económico.

Perspectivas para el futuro

Como hemos señalado, la dinámica continua del crecimiento demográfico nos obliga a afrontar poblaciones cada vez mayores, especialmente en el mundo menos desarrollado. No es probable que las fuerzas que operan allí disminuyan antes del 50º aniversario del CIMMYT y, por consiguiente, debemos prepararnos para combatir ese problema. Las demandas de alimentos y, en menor medida, de fibra, impondrán grandes presiones sobre los recursos naturales que sostienen la agricultura. Algunos observadores, como Lester Brown, están en extremo preocupados por estas tendencias y, al contemplar las perspectivas, hablan en términos que sólo pueden describirse como "alarmistas malthusianos". Nuestra propia opinión es más positiva, si bien no en la misma medida que la de los comentaristas contemporáneos más optimistas como Dennis Avery. Al considerar los problemas, es evidente que ya no existen muchos de ios factores que han impulsado el desarrollo agrícola en el pasado. En gran parte de Asia la expansión de tierras es minúscula. Es posible que tierras adicionales se destinen al cultivo en partes de América Latina y, en menor grado, en Africa, pero aun en esos casos debemos buscar la respuesta a la demanda futura más allá de la expansión de tierras cultivables. Existen problemas similares en cuanto a la posiblidad de extender las tierras irrigadas. En vista de todos estos aspectos y, por razones de brevedad, omitiendo otras situaciones relacionadas como la alteración del clima y los recursos fitogenéticos, nuestro diagnóstico es que el progreso tecnológico es la llave maestra que nos dará acceso a los aumentos de la productividad que se requerirán en el futuro para asegurar un suministro adecuado de alimentos.

Se examinó este tema en un reciente informe preliminar que preparamos en nuestro departamento acerca del estado de la agricultura en los próximos decenios hasta el año 2030. Aún resta realizar el trabajo definitivo en este campo, pero consideramos que la inversión en generar conocimientos que contribuyan a aumentar la productividad de los recursos agrícolas es la prioridad más crítica para el futuro. La institucionalización de esa inversión tiene naturalmente aspectos internacionales y nacionales muy importantes y en el Banco los abordamos en la mejor manera posible. Consideremos ahora los elementos del desarrollo agrícola en general.

Consideraciones estratégicas para los organismos de desarrollo

Se han considerado varios temas generales en las estrategias de los organismos de desarrollo, que se aplican comúnmente país por país y región por región. Examinaremos ahora los más importantes.

Las políticas de reforma. Como organismo activo para el desarrollo, el Banco ha desempeñado una función enérgica (que algunos podrían incluso llamar agresiva) en señalar la necesidad de reformar las políticas ineficientes. Este ha sido el aspecto principal de la política de préstamos que en el último decenio reemplazó a muchas de las actividades más tradicionales orientadas a los proyectos. Los préstamos para ajustes sectoriales han incluido diversas medidas para reformar las políticas. Se ha logrado hasta cierto punto "corregir los precios" de los insumos y los productos en muchas partes del

mundo, si bien resta mucho que hacer en ese sentido. Ojalá ese progreso hubiera sido más universal. Algunas de las medidas, como la eliminación gradual de los subsidios a los fertilizantes, no han ganado para los organismos muchos amigos en algunos de los centros internacionales de investigación orientada a la tecnología, pero los argumentos en contra de los subsidios a los fertilizantes, por ejemplo, han sido abrumadores. Sin duda se ha logrado una mayor equidad y eficiencia económica con la reducción de esos subsidios a los insumos. La historia de los créditos agrícolas, en muchos casos estrechamente relacionada, es menos afortunada en muchos aspectos, pero dejaremos esto para otro día. A pesar de cierto grado de éxito, el proceso de reformar las políticas a menudo ha sido obstaculizado y, cuando se ha iniciado, rara vez se ha completado. En consecuencia, la necesidad de llevar a cabo esa reforma es muy general. No obstante, sabemos también que "corregir los precios" no será suficiente. Es preciso tener en cuenta también otros componentes de la estrategia mundial.

La capacidad institucional. El mejoramiento de las instituciones en general y específicamente de las que están al servicio de la agricultura es evidentemente una prioridad clave para el desarrollo, que ocupa un lugar destacado en los planes actuales. Hemos comprobado que existe una conciencia creciente de la importancia de contar con dirigentes capaces. Sin embargo, al considerar la calidad de la dirección en muchos países no encontramos motivos para tranquilizarnos. Por desgracia, es demasiado limitada la capacidad de los organismos de desarrollo para trabajar en este aspecto. El Banco ha experimentado con muchos métodos, incluido, en el nivel más modesto, un sistema de seminarios sobre políticas del Instituto para el Desarrollo Económico para ampliar la experiencia de los encargados de la toma de decisiones (pronto habrá un seminario sobre las políticas de la investigación agrícola en el este de Africa, por ejemplo), mediante programas de préstamos dirigidos directamente a lograr modificaciones institucionales novedosas. En el área de la investigación agrícola, tratamos de efectuar préstamos que fomenten la instauración de mecanismos de planificación y coordinación más eficientes. Parte de nuestra labor de monitoreo y evaluación ha sido diseñada para fortalecer otras actividades de reforma institucional. El Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR) ha colaborado con nosotros en muchas de las iniciativas de investigación agrícola y, por otra parte, tenemos nuestros propios programas "experimentales" en el área de la extensión agrícola. Se abarcan todos los aspectos de estos sectores de servicio, desde los créditos y los insumos físicos hasta el manejo de la infraestructura rural. Todos estos elementos son críticos y, por consiguiente, el desafío es muy grande y ofrece numerosas oportunidades para la comunidad internacional de desarrollo. Es probable que el apoyo bilateral, por ejemplo, sea un elemento crucial en las estrategias dirigidas a fortalecer la capacidad de las instituciones nacionales.

El manejo de los recursos naturales. El tercer punto importante en toda estrategia amplia de desarrollo debe ser un programa de acción para mejorar el manejo de los recursos naturales, sean esos recursos los suelos, el agua, los bosques, la atmósfera o cualquier otra cosa. Nuestra preocupación por esas cuestiones sin duda ha sido estimulada en los últimos

años por las actividades del Movimiento Verde, pero los problemas tienen una importancia más trascendente, la cual ha sido reconocida con demasiada lentitud dentro de la comunidad del desarrollo. Sin embargo, al fin se cuenta con muchas iniciativas positivas y, si bien tomará un tiempo considerable para que tengan grandes efectos en el mundo, están correctamente orientadas. La comunidad de la investigación agrícola en general y, en los últimos años, las instituciones vinculadas con el CGIAR, modifican en forma considerable sus prioridades de investigación para solucionar esos problemas y en verdad nos complace observar que el CIMMYT no es una excepción. Si bien deben continuar trabajando en cultivos específicos, la labor que realizan el CIMMYT y sus colaboradores al evaluar con más cuidado y ampliar los proyectos de investigación con el fin de abarcar cuestiones ambientales es digna de elogio. Los organismos de desarrollo también han hecho ajustes significativos en la asignación de su propio personal para abordar esas cuestiones y nuestra organización no es la excepción. Todos debemos modificar nuestros métodos anteriores, a menudo carentes de previsión, con el fin de dejar los recursos naturales del mundo en condiciones razonables para las generaciones futuras.

El progreso tecnológico. Llegamos así a la cuestión que, en nuestra opinión, tiene la mayor prioridad. Como se señaló antes, la única solución viable para muchos de nuestros problemas relacionados con el desarrollo agrícola y el crecimiento económico es el progreso tecnológico continuo, que sólo puede alcanzarse mediante la inversión constante en la investigación agrícola y en las actividades que generan conocimientos. Consideramos que ésta es un área de un interés especial, ya que incluye el sistema educativo y sus elementos especializados en la agricultura, que en muchos casos han tenido niveles bajos e ineficaces. Aquí también existen grandes oportunidades para que los programas de asistencia bilateral y multilateral consideren las iniciativas dirigidas a mejorar el sistema de conocimientos agrícolas en los países menos desarrollados. Tenemos que intentar integrar los componentes educacionales de esos sistemas, así como las instituciones de investigación, extensión y desarrollo que deben participar activamente. Estamos muy conscientes de que el sector privado podría hacer contribuciones a algunos de esos procesos y debemos alentar esas oportunidades con renovada energía. Por ejemplo, en el Departamento de Agricultura del Banco actualmente examinamos la necesidad de fomentar las industrias semilleras.

Nos hemos preocupado mucho por mejorar el avance en la generación y transferencia de tecnología agrícola. Los esfuerzos del Programa Especial para la Investigación Agrícola en Africa (SPAAR), en particular con la asistencia de los especialistas agrícolas para la Región de Africa, se han concentrado en una mayor cooperación regional y la asignación de los escasos recursos humanos actualmente disponibles para los sistemas nacionales. Existen iniciativas importantes en las regiones del Sahel y del sur de Africa. Sin embargo, aún resta mucho que hacer y necesitamos ideas nuevas sobre cómo trabajar mejor en estas áreas y otras afines. En este sentido, el desafío que afrontan los centros internacionales, incluido el CIMMYT, es encontrar nuevas formas de colaborar con los sistemas nacionales de investigación agrícola, ya que en muchos casos -notablemente en Africa al

sur del Sahara- no es eficaz el sistema mundial de generación, difusión y aplicación de tecnologías agrícolas.

El CIMMYT: Los próximos 25 años

Hemos venido hoy a celebrar este aniversario y no a pontificar sobre el futuro. Nos parece que existen fuentes muy amplias de asesoramiento institucional en la comunidad de donantes del CGIAR, los diversos procedimientos relacionados con el TAC y las mismas impresionantes estructuras de revisión interna del CIMMYT, todas las cuales proporcionan consejos adecuados sobre el futuro. No nos corresponde entonces señalar las repercusiones de nuestras observaciones, sino más bien elogiar la flexibilidad institucional implícita en las diversas iniciativas que ya pone en práctica el CIMMYT. Es evidente que el fuerte compromiso con la investigación centrada en los cultivos básicos, la cual ha funcionado tan bien en el pasado, será una característica constante de vuestra labor. Esa investigación debe continuar a pesar de la creciente atención que habrá que otorgar a otros rubros, como las zonas más marginales, que no se beneficiaron mucho con los logros anteriores, y las numerosas actividades que ustedes han realizado para aumentar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, los cuales en general se han intensificado y, en muchas formas, sufren más presiones. Lo que vemos y oímos aviva nuestra fe en que ustedes han considerado las dificultades de esos problemas y, al establecer sus prioridades, han sopesado las ventajas y desventajas inherentes a ellas. La naturaleza de nuestro mundo es tal que las prioridades no son fijas; vemos también que ustedes han incluido en sus procedimientos de planificación un alto grado de adaptabilidad y de capacidad de respuesta a las prioridades nuevas percibidas. Al embarcarse ustedes en esta labor absolutamente vital, pueden estar seguros de que en el Banco Mundial tienen un amigo decidido y confiable. Les deseamos a todos ustedes lo mejor para sus próximos 25 años.

Referencias

Avery, D.T. 1991. Global Food Progress 1991. Indianapolis, Indiana: Hudson Institute.

Bell, C., P.B.R. Hazell y R. Slade. 1982. Project Evaluation in Regional Perspective: A Study of an Irrigation Project in Northwest Malaysia. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins.

Brown, L.R. 1991. State of the World 1990. New York, New York: Morton for Worldwatch Institute.

Haggblade, S., P.B.R. Hazell y J. Brown. 1989. Farm-nonfarm linkages in rural Sub-Saharan Africa. World Development 17(8):1173-1201.

Haggblade, S. y P.B.R. Hazell. 1989. Agricultural technology and farm-nonfarm growth linkages. Agricultural Economics 3:345-364.

Hazell, P. y C. Ramasamy. 1991. The Green Revolution Reconsidered: The Impact of the High-Yielding Rice Varieties in South India. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins.

Johnston, B. y P. Kilby. 1975. Agriculture and Structural Transformation in Late-Developing Countries. London: Oxford University Press.

Lipton, M. y R. Longhurst. 1989. New Seeds and Poor People. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins.

Mellor, J.W. 1976. The New Economics of Growth: A Strategy for India and the Developing World. Ithaca, New York: Cornell University Press.

RESPUESTAS

DEREK BYERLEE
DIRECTOR DEL PROGRAMA DE ECONOMÍA
DEL CIMMYT

En primer lugar, deseo agradecer a los Dres. Petit y Anderson el habernos proporcionado este documento esencial para ayudar al CIMMYT a reflexionar sobre lo que será el desarrollo agrícola en los próximos 25 años. Asimismo, deseamos dar las gracias al Dr. Anderson por el gran esfuerzo que hizo para asistir a este simposio (llegó de Bangkok apenas ayer). Dado que el Banco Mundial es copatrocinador del CGIAR, uno de los principales donadores del CIMMYT, y una de las figuras más importantes por derecho propio en el desarrollo de ideas, apreciamos en todo lo que vale el gran apoyo que los Dres. Petit y Anderson dan a la función del cambio tecnológico en el desarrollo agrícola y al importante papel que han proyectado para el CIMMYT dentro de este proceso de cambio en los próximos 25 años.

Ellos hacen hincapié en la función vital del cambio técnico en la agricultura como un motor del crecimiento económico global en los países de bajos ingresos. El progreso técnico puede ser también un elemento importante en la conservación de los recursos, tanto en forma directa mediante la creación de tecnologías que sean inocuas para el ambiente como de manera indirecta al reducir la presión que impulsa a los agricultores a cultivar tierras más marginales. Por último, el cambio tecnológico en la producción de granos básicos para la alimentación humana ha sido un importante mecanismo para mitigar la pobreza en un gran número de países, sobre todo en Asia, aunque estoy de acuerdo con Petit y Anderson en que por lo general el cambio técnico es un instrumento inadecuado para resolver problemas de pobreza muy arraigados.

Todo lo anterior ayuda al CIMMYT a identificar el papel que deberá desempeñar en los próximos 25 años. No obstante, debemos preguntarnos en qué manera diferirá la función

de la agricultura en el desarrollo económico de los próximos 25 años en comparación con la de los últimos 25 años y qué implicaciones tiene para la estrategia futura del CIMMYT.

En primer término, en cuanto a aquellos países de bajos ingresos que todavía no han experimentado un rápido cambio técnico en los alimentos básicos, la tarea que tenemos todos por delante, en los sistemas de investigación tanto internacionales como nacionales, consiste en proporcionar la base para el avance técnico de los próximos 25 años. La mayoría de estos países de bajos ingresos se encuentran en el Africa al sur del Sahara, donde han disminuido tanto la producción de alimentos per cápita como los ingresos rurales. La situación actual de Africa es similar a la de Asia hace 25 años, y una de las claves para solucionarla es el rápido progreso técnico en los alimentos básicos, tales como el maíz, combinado con un entorno político propicio.

Veamos ahora los países de bajos y medianos ingresos cuyos sectores agrícolas ya han experimentado una rápida transformación gracias al cambio técnico. En estos países, en su mayor parte asiáticos y latinoamericanos, la situación actual es bastante diferente a la de hace 25 años. Primero, el cambio técnico que se requiere en la etapa actual de desarrollo es mucho más profundo en conocimientos y destrezas que en el pasado. Segundo, el ingreso en estos países ha alcanzado un nivel en el que la proporción representada por los granos alimenticios tenderá a disminuir tanto en relación con el ingreso de los agricultores como en cuanto se refiere al gasto de los consumidores, lo cual refleja el proceso natural de diversificación asociado con el desarrollo económico, en el que los consumidores exigen productos alimenticios de mayor valor, tales como frutas y verduras, leche y carne, y las áreas rurales desarrollan una gama más amplia de actividades económicas, incluyendo empleos fuera de las fincas.

Por último, el proceso de reforma de políticas agrarias que ha caracterizado al decenio de 1980, tanto a nivel nacional como (esperemos) internacional, está dando por resultado mercados más libres para los productos agrícolas, en especial para los cereales, que en el pasado se veían sumamente afectados por las intervenciones gubernamentales.

Los tres cambios fundamentales en el ambiente económico que acabó de mencionar, una nueva etapa de cambio técnico, diversificación y reforma de las políticas, tienen varias posibles implicaciones para el CIMMYT:

- El cambio técnico que reduce la cantidad de tierra necesaria para producir alimentos básicos seguirá siendo un motor de crecimiento, ya que liberará frecursos que facilitarán el proceso de diversificación. Sin embargo, los sistemas de investigación tendrán que evolucionar con gran rapidez para dar cabida a una etapa de cambio técnico más intensiva en conocimientos.

- La diversificación puede reducir parte de las presiones que se ejercen sobre la base de recursos a causa del cultivo continuo de alimentos básicos, tales como el arroz y

el trigo. Este proceso ya está en marcha en muchos sistemas agrícolas que disponen de riego.

- Economías más abiertas darán por resultado una mayor especialización tanto dentro de un mismo país como entre países, y debemos preguntarnos cuáles son las implicaciones de este nuevo ambiente de las políticas para el CIMMYT. Por ejemplo, en condiciones de libre comercio de cereales, "¿Podrá el trigo desempeñar alguna función en los trópicos más cálidos?" o "¿Seguirá siendo el maíz un cultivo importante en las zonas marginales de América Latina?" o ¿El rápido crecimiento de la demanda de maíz en Asia se satisfacerá mediante el incremento de la producción nacional o a través de las importaciones?"

- El incremento del ingreso y la existencia de economías más abiertas puede debilitar la relación entre el aumento de la productividad de los granos alimenticios y la reducción de la pobreza a través de precios más bajos para los alimentos básicos. Esto se debe a que en una economía abierta es menos probable que los incrementos en la productividad agrícola se traduzcan en precios más bajos para los consumidores. Antes bien, se reflejarán en cambios en las importaciones o exportaciones de granos alimenticios.

Está más allá del objetivo de este breve comentario explorar más a fondo este problema, pero resulta obvio que todos los que trabajamos en un sistema de investigación agrícola debemos tratar con un mundo más dinámico e interrelacionado que en el pasado, y debemos tener en cuenta constantemente todos estos tipos de cambios económicos al revisar nuestras estrategias.

LEOPOLDO SOLÍS
DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL LUCAS ALAMÁN,
MÉXICO

El Dr. Anderson menciona que los servicios de irrigación fueron un estímulo importante al crecimiento agrícola; no obstante, los tiempos han cambiado y son ahora limitadas las áreas potenciales de irrigación. Por tanto, algunos factores que en el pasado impulsaron el crecimiento agrícola, como la extensión de áreas irrigadas, no serán importantes en el futuro. Asimismo, afirma que es necesario pensar en términos de pequeños distritos de riego, los cuales manifiestan problemas administrativos diferentes de los grandes distritos de riego. Sin embargo, en mi opinión, manejar un distrito de riego grande es

administrativamente menos complicado que manejar muchos distritos de riego pequeños, ya que las condiciones de operación son diferentes y presentan una problemática distinta.

También nos dice que gran parte de la actividad no agrícola, pero relacionada con la agricultura, se localiza en pequeños poblados y zonas rurales. El estímulo a ese tipo de actividades puede contribuir a arraigar a la gente en sus comunidades de origen y evitar que emigren sobre todo hacia los grandes centros de población, como la Ciudad de México, donde crean problemas diferentes y muy serios.

Otro punto nos dice que CIMMYT considera que tomar en cuenta excesivamente consideraciones de equidad puede lograrse a costos muy altos en términos de eficiencias, ya que hay una compensación entre los conceptos de equidad y los criterios de eficiencia. Darle demasiada importancia o tomar en cuenta únicamente conceptos de equidad es algo muy común y que después de todo refleja una preocupación social muy general—debe hacerse cuando no se afectan las condiciones de eficiencia en el uso de factores productivos. No podía yo estar más de acuerdo con este planteamiento.

Me llamó mucho la atención otro punto: el que señala una fuerte dedicación o atención a los objetivos de investigación orientada a la mejoría de productos básicos; es decir, de la investigación orientada a apoyar la producción de alimentos básicos. Debe destacarse el apoyo a este tipo de actividad. Esto sin duda ha funcionado muy bien en el pasado y debe seguirse apoyando en el futuro. El CIMMYT me parece un buen ejemplo de este tipo de actividades. Anderson nos señala además que la investigación agrícola para parcelas pequeñas, actividades con dotaciones de tierra limitada y otro tipo de acciones en ese sentido deben ser en el futuro una preocupación del CIMMYT; eso—aunque él no lo dice quizá tan fuertemente como lo acabo de plantear yo—sí lo señala y me parece que es sumamente importante.

Esto tiene qué ver con lo que decía al principio, en el sentido de que el crecimiento agrícola con base en un aumento de factores productivos tiene ahora que darse en condiciones diferentes. Tal hecho, aunado al crecimiento de la población, está dando lugar a una disminución en el área promedio de las explotaciones agrícolas a las que se tiene que dar atención. A mí, cuando menos, me parece que en buena medida el éxito del funcionamiento de la agricultura mexicana en el pasado—pese a los muchos problemas que tiene—se debió al hecho de que fue una investigación tecnológica que utilizó experiencias anteriores, sobre todo en el Medio Oeste americano, y que cuando se trasladó a México fue sumamente útil en las condiciones de la estructura productiva agrícola mexicana en la medida en que éstas eran semejantes a la estructura productiva del Medio Oeste americano. Es decir, donde fue posible aplicarla en condiciones semejantes a las que existen en Iowa, se aplicaron en México y fueron sumamente exitosas.

Ahora bien, zonas como el Valle del Yaqui en el noroeste del país, se están agotando, de modo que ya no vamos a poder contar con esa fuente original de conocimiento que dio lugar a un desarrollo tecnológico sumamente útil para la agricultura mexicana. Esto plantea para todos los investigadores agrícolas, y para el CIMMYT, una serie de problemas diferentes a los que el Dr. Anderson se refiere con mucho cuidado y estoy plenamente de acuerdo con lo que él dice. Quisiera destacar que entre los puntos señalados hay uno que se ha convertido en un tema muy socorrido en la discusión de estos asuntos. Me refiero a que hay que lograr una capacidad productiva, en este caso agrícola, a largo plazo, que no se dé a base de destruir los factores productivos o de degradarlos, sino que se mantenga la productividad. Hay que aumentar preferentemente la eficiencia en el uso de esos factores y, por lo tanto, su productividad en un período largo de tiempo, sin destruir los recursos. No debe haber economías externas de tipo negativo que disminuyan la base productiva existente; más bien, esa base debe mantenerse, robustecerse y desarrollarse. Creo que ése es un punto bien importante que el autor muy justamente señala.

Algo que yo quisiera agregar, que no dice Anderson, es que dadas las condiciones en que ha evolucionado la agricultura mexicana, la tierra irrigable potencialmente ampliable que aún queda es relativamente pequeña. Hay que considerar la agricultura tropical; a mí me parece que las zonas del Golfo y del sureste de México que tienen una abundancia de agua requieren también una investigación agrícola en apoyo de ese tipo de actividades que no hemos visto en el pasado o no las hemos alentado a pesar de las investigaciones que se hacen en Centroamérica.

Yo visité en Bangladesh unos predios donde la investigación agrícola de origen inglés había propiciado el desarrollo de variedades de plantas que para mí—ignorante en la materia—fueron verdaderamente sorprendentes, por ejemplo, trigo acuático. Este es semejante al arroz pero es trigo, y tengo entendido que el pan sabe igual al pan de trigo del noroeste de México o de Iowa. Tenemos que ver hacia estas áreas productivas, o potencialmente muy productivas en el futuro, en la nueva estructura o reorientación que tome la agricultura mexicana. Zonas como el Papaloapan tienen aspectos muy semejantes a los que uno observa en Bangladesh. De ser posible, puede constituir una fuente de orientación y apoyo tecnológico como lo fue el Medio Oeste americano que todavía nos sigue ayudando. Como decía, dada la disponibilidad de recursos, hay que buscar nuevas áreas y condiciones de desarrollo de la agricultura mexicana.

Quisiera, finalmente, decir que es un placer estar en el CIMMYT en esta ocasión. El CIMMYT ha constituido una verdadera bendición para la agricultura mexicana, y más que eso, ha apoyado el mejoramiento del bienestar de los mexicanos. Espero que continúe siendo igualmente útil en sus próximos 25, 50 y 100 años.

Interacción entre la agricultura y el medio ambiente

Alvaro Umaña Quesada
Vicepresidente del Centro de Estudios Ambientales, Instituto Centroamericano de Administración de Empresas, Costa Rica

Resumen

En las últimas décadas, la agricultura ha desempeñado una función preponderante dentro de las estrategias de desarrollo de los países del Tercer Mundo, por su considerable potencial de satisfacer la demanda de alimentos para las crecientes poblaciones, mejorar el bienestar de la población rural, reducir el hambre y la desnutrición, así como de generar empleos e ingresos. Aunque los avances tecnológicos en la agricultura han sido impresionantes, aún quedan problemas muy graves por resolver, incluidos los relacionados con los efectos de la explotación agrícola en el medio ambiente, como por ejemplo, 1) la expansión de la superficie cultivada a expensas de los bosques, lo cual reduce la biodiversidad, aumenta la erosión y el deterioro del suelo y afecta el clima, y 2) el uso de agroquímicos, es especial de fertilizantes, pesticidas y herbicidas costosos (muchos son importados) que afectan la salud de los trabajadores y dejan efectos residuales en los productos agrícolas y en el suelo, el agua y el aire. Las causas de estos problemas son numerosas, por ejemplo, la proliferación extensiva de monocultivos con variedades que son genotípicamente semejantes puede incrementar la incidencia de enfermedades y plagas. Por otra parte, las políticas macroeconómicas se han centrado en metas a corto plazo, más que en los problemas que afectan a los pequeños agricultores, el medio ambiente y los recursos naturales.

Los problemas del acceso, la tenencia y la distribución de la tierra, no le han dejado al campesino otra alternativa que invadir las áreas boscosas para sembrar cultivos de subsistencia. Se ha propuesto una serie de alternativas que podrían mitigar los efectos negativos de la agricultura en el medio ambiente, entre ellas, el uso de las prácticas de cultivo tradicionales (policultivos con interacciones favorables), la recolección de especies nativas, el manejo integrado de plagas y la llamada "agricultura sostenible". Estas alternativas pretenden utilizar al máximo los insumos naturales y reducir al mínimo el uso de energía fósil y los agroquímicos.

Durante las últimas décadas, la agricultura ha jugado un papel de primordial importancia dentro de las estrategias de desarrollo de los países del llamado Tercer Mundo. A partir de la década de los años cincuenta, el proceso de desarrollo se entendía como sinónimo de crecimiento económico medido a través del aumento del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita. Sin embargo, durante el final de la década de los años sesenta e inicios de los setenta, esta visión original fue reformada por otra que incluía el "crecimiento de redistribución".

El crecimiento económico se mantenía como un objetivo básico, pero era necesario complementarlo con la preocupación por los sectores de menores ingresos. Los grupos marginados y la población rural debían compartir también los beneficios del crecimiento. Dentro de esta estrategia, la agricultura se convertía en un sector prioritario por su potencial considerable de promover el desarrollo rural, de reducir el hambre y la desnutrición, así como generar empleo y divisas a través de la exportación de productos agrícolas. Es así como la agricultura se ha mantenido como el principal polo de desarrollo y crecimiento económico de muchos países del Tercer Mundo.

Paralelamente, el crecimiento demográfico acelerado de dichos países, ha generado crecientes necesidades en cuanto a la producción alimentaria. Esta combinación de factores ha contribuido a que durante varias décadas se haya considerado como prioritario el obtener aumentos considerables en la producción agrícola nivel global. Los logros obtenidos a través del avance tecnológico han sido verdaderamente impresionantes y generalmente se han englobado bajo el nombre de la "Revolución Verde". Este término comprende una serie de innovaciones y cambios tecnológicos que se pueden dividir en varios aspectos específicos:

- Programas de mejoramiento genético para arroz, maíz y cereales que condujo a variedades de alto rendimiento, de maduración rápida y con baja sensibilidad a la longitud del día.

- La organización y distribución de paquetes de insumos de agroquímicos como fertilizantes y pesticidas, así como irrigación u optimización en el uso del agua.

- Implementación de estas innovaciones técnicas bajo condiciones agroclimáticas favorables y con agricultores con alto potencial de éxito.

Los resultados de estos cambios tecnológicos han sido verdaderamente impresionantes en una buena parte de los países del Tercer Mundo, en particular respecto a arroz, trigo y maíz, ya que en un porcentaje elevado de las tierras agrícolas en dichos países utilizan actualmente variedades de alto rendimiento. De acuerdo con la FAO, la producción alimentaria per cápita en los países en vías de desarrollo ha aumentado más de un 7% desde mediados de la década de los años sesenta, con un aumento mayor al 27% en Asia. En este continente, por ejemplo, los ocho países que producen el 85% del arroz (Bangladesh, Buruca, China, India, Indonesia, Filipinas, Sri-Lanka y Tailandia) han generado 27 millones de toneladas adicionales por el uso de variedades de alto rendimiento, 29 millones de toneladas adicionales por el uso de fertilizantes y 34 millones de toneladas adicionales a través de irrigación.

Las instituciones agrupadas hoy día bajo el Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) han jugado un papel de gran importancia en este proceso, el cual ha contado con considerable apoyo internacional, tanto de los países industrializados, como por parte de fundaciones y órganos privados.

Sin embargo, a pesar de estos logros, existen todavía problemas importantes relacionados con la distribución desigual de los beneficios, el impacto ambiental de la producción agrícola, y la desaparición de los bosques tropicales y la pérdida generalizada de suelos en casi todos los países en vías de desarrollo.

Por ejemplo, a pesar del aumento global en producción alimentaria, Africa ha experimentado un fuerte decrecimiento en términos per cápita. Aún en países donde los aumentos han sido considerables, la distribución de los mismos ha tendido a ser desigual porque a pesar de la adopción de variedades de alto rendimiento, otros factores no han sido controlados de forma adecuada: la calidad de los suelos, el acceso y utilización del agua, los precios de los fertilizantes y agroquímicos, y otros factores biofísicos o agroclimáticos han tenido un impacto considerable en esta distribución desigual de los beneficios potenciales.

Otro aspecto importante ha sido el hecho de que muchos agricultores han tendido a abandonar prácticas tradicionales basadas en pluricultivos para dedicarse al monocultivo con variedades de alto rendimiento. Estas variedades son más sensibles a aplicaciones óptimas de fertilizantes y otros agroquímicos, de manera que el agricultor está más expuesto a variaciones de precios de los mismos, acceso de crédito o falta de programas de irrigación.

La proliferación extensiva de monocultivos con variedades genotípicamente similares ha conducido a mayor incidencia de plagas, pestes y hierbas, a veces generado por el uso indiscriminado de pesticidas. En algunas ocasiones se han generado especies resistentes a los plaguicidas, lo que ha provocado la necesidad de mayores aplicaciones o las utilizaciones de nuevos plaguicidas y pesticidas. Por lo tanto, se presenta el riesgo de caer en un círculo vicioso de aplicaciones mayores y con nuevos productos de mayor costo.

Otros problemas importantes tienen que ver con las políticas macroeconómicas de los países en vías de desarrollo, tanto a nivel agrícola como en el campo energético y el tipo de cambio. En algunas ocasiones la política agrícola se ha enfocado en logros de corto plazo que ignoran tanto al pequeño agricultor como al medio ambiente y la administración de la base de recursos (suelos, agua). En otros casos la política crediticia de tenencia de la tierra y el mercadeo de productos ha tendido a favorecer a los agricultores medianos o grandes.

El concepto de desarrollo sostenible

Un elemento adicional de gran relevancia en la actualidad ha sido el concepto de "desarrollo sostenible", introducido a la comunidad internacional por la llamada Comisión Bruntland. El concepto introduce el largo plazo como un elemento importante al clamar por un desarrollo que no limite las opciones de las generaciones futuras. Más específicamente, el reporte se refiere a la seguridad alimentaria en términos de que se requiere "aumentar la producción para satisfacer la demanda creciente pero reteniendo la integridad ecológica esencial de los sistemas productivos".

Esta nueva visión ha penetrado tanto al Banco Mundial como el propio CGIAR, y el Banco en una revisión reciente de la administración de los recursos renovables en la agricultura concluyó que existen tres criterios básicos para un desarrollo agrícola exitoso: "Primero, debe ser sostenible, asegurando la conservación y uso adecuado de los recursos renovables. Segundo, debe promover la eficiencia económica. Tercero, sus beneficios deben distribuirse equitativamente".

Por su parte, el CGIAR ha empezado a promover cambios importantes en las instituciones miembros a través de los planes estratégicos de las mismas y de la inclusión de expertos en el campo ambiental y ecológico en las directivas de las mismas. Es particularmente significativa la decisión de incorporar dos centros adicionales a la red en el campo agro-forestal (uno en Africa y otro en Asia), al igual que poner mayor atención a la interacción entre agricultura y bosque.

En general, la tendencia actual es hacia una visión más integrada de la agricultura dentro del medio ecológico, con mucha mayor atención a los insumos energéticos, de nutrientes y agroquímicos, al igual que una consideración mayor del impacto ambiental y sostenibilidad de los sistemas productivos.

El impacto ambiental de la agricultura

Tradicionalmente, el agricultor o campesino en los países tropicales ha visto el bosque como su enemigo, o como un estorbo que es necesario remover para tener acceso al suelo, el cual es considerado como el recurso productivo básico. La teoría económica tradicional también ha compartido esta visión, en la cual los únicos elementos del bosque que tienen valor son la madera y la tierra. El agua, la vida silvestre, la capacidad de regular el clima o de reciclar nutrientes tradicionalmente no forman parte del análisis económico o se valoran en cero.

Dado que siempre han existido problemas de acceso, tenencia y distribución de la tierra, el campesino tropical ha tendido a invadir áreas boscosas en el proceso de expansión de la frontera agrícola. La exuberancia del bosque tropical le ha conducido a creer que los suelos son fértiles y ricos en nutrientes, cuando en realidad esto es un mito, que los nutrientes están ya almacenados casi totalmente en la biomasa existente, y que los suelos bajo el bosque son generalmente frágiles y pobres. El ciclo clásico de degradación del bosque tropical incluye la deforestación de áreas con suelos de vocación forestal, con alto potencial de erosión y no aptos para agricultura. El campesino extrae primero los árboles de maderas preciosas, con la participación de algún maderero que le ofrece un camino de acceso y la oportunidad de llevar el producto al mercado. Al remover las maderas preciosas, el campesino queda con un bosque de bajo valor comercial, el cual remueve y quema para plantar cultivos de subsistencia. Al erosionarse el suelo y experimentar rendimientos decrecientes, decide a veces introducir pasto y ganado que aceleran aún más el proceso. En muchos casos termina abandonando el área e iniciando el mismo proceso de otras áreas boscosas similares.

Por supuesto, existen muchos otros factores y causas, incluyendo la renovación directa del bosque por madereros o ganaderos; sin embargo, este proceso típico ha sido responsable por la pérdida de centenares de niveles de kilómetros cuadrados de bosque tropical. Hoy día se estima que la deforestación tropical oscila entre los 150 y 200 mil kilómetros cuadrados.

También conocemos bien hoy día la enorme diversidad biológica que albergan estos ecosistemas y la pérdida irreparable que representa la desaparición de este patrimonio global. Los bosques tropicales pueden contener más de la mitad, tal vez hasta dos tercios, de la diversidad biológica planetaria, a pesar que representan solamente un 6% de la superficie terrestre. Es por esto que uno de los impactos más significativos de la expansión de la frontera agrícola es sobre la deforestación y la pérdida de biodiversidad. Pero no es este el único impacto relevante, ya que la pérdida de suelos a través de la erosión, la utilización de agroquímicos, la concentración de sales inorgánicas en suelos bajo irrigación, y las emisiones de contaminantes residuales al medio representan problemas de creciente importancia.

Es difícil obtener datos confiables acerca del problema de la erosión de suelos, ya que la medición del fenómeno es compleja y el mismo se manifiesta lentamente, a través de períodos largos. Sin embargo, en casi todos los países tropicales más de una cuarta parte de los suelos sufre erosión severa, y cerca de la mitad de los suelos presentan el fenómeno en cantidades observables. Algunos países como Costa Rica, han tratado de estimar el costo de la depreciación de los suelos por el proceso de erosión.

El estudio de contabilidad de los recursos naturales en Costa Rica, recientemente concluído tiene una importancia particular ya que es el primer esfuerzo por tratar de incorporar el valor de la pérdida de suelos a través de un período de veinte años.

Dado que los bosques, suelos y recursos pesqueros de los países tropicales están siendo explotados más allá de su capacidad de recuperación, todo el acervo de recursos naturales está sufriendo un proceso de deterioro cuantitativo y cualitativo. Su capacidad de generar servicios a futuro ha sido afectada significativamente y, hoy día, podemos tratar de estimar esta depreciación histórica.

El estimar esta pérdida en términos físicos y asignarles un valor económico es una tarea difícil y en general todavía no es posible capturar la complejidad de las interacciones. Por ejemplo, en el caso de los bosques la valoración se hizo tomando en cuenta la madera, sin incluir ningún otro beneficio como agua, energía, biodiversidad o regulación climática. Tampoco se incluyó la creciente relación con el turismo ecológico, ya que el turismo se ha convertido en la segunda fuente de divisas de Costa Rica. Llegan al país unos 1000 turistas diarios y dos terceras partes de ellos visitan los parques nacionales.

En el caso de los suelos, sólo fue posible considerar la pérdida de nutrientes como subproducto de la erosión. Otras pérdidas causadas por la erosión, tales como compactación de suelos o cualquier otro daño a las características físicas o químicas del suelo. En el caso de los recursos pesqueros se tomó en cuenta únicamente la especie más importante. De manera que los resultados del estudio captan únicamente una parte de la pérdida que ha sufrido el país.

En solamente dos décadas, del año 70 al 89, los bosques, suelos y recursos pesqueros se habían depreciado en más de $4.000 millones (184 mil millones de colones de 1984). Esta suma excede el valor anual del Producto Interno Bruto (PIB). En el caso específico de suelos, las pérdidas por nutrientes oscilan entre los 1.900 millones de colones en 1970, a 2576 en el año 89. La pérdida acumulada sobrepasa los 50 mil millones de colones y representa casi un 30% de la pérdida global, de manera que si incluyeramos los otros factores mencionados, el resultado sería aún más significativo.

No es posible determinar el impacto global de estas pérdidas en el crecimiento de la economía, pero el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) considera que "con el análisis más simple, a pérdida de capital del 5% del PIB por año, podría haber reducido la tasa de

crecimiento entre 1.5 y 2% por año. Ya que la tasa histórica de crecimiento fue de 4.6% en promedio, esto representaría de un 25 a 30% de reducción en el crecimiento económico potencial".

De manera que además del problema de cambio de uso de la tierra y deforestación, la pérdida de suelos y nutrientes es otro costo real del proceso de cambio. Los campesinos que tratan de limpiar bosque para tener acceso a laderas o zonas quebradas, para practicar agricultura de subsistencia, están contribuyendo a un proceso nefasto del cual ellos mismos son víctimas, al no tener otras opciones.

Generalmente, las políticas gubernamentales en cuanto a tenencia de la tierra, crédito y sectores prioritarios, e incentivos de todo tipo, no han favorecido la preservación de áreas boscosas. El bosque ha tendido a verse como fuente de maderas tropicales preciosas y, el resto, cuando un economista camina en el bosque, sólo considera el valor de la madera y la tierra; todo lo demás recibe una valoración de cero.

El impacto de los agroquímicos

Otra de las áreas de creciente atención en la relación entre agricultura y medio ambiente es la relacionada a la utilización de agroquímicos, en particular fertilizantes, pesticidas y plaguicidas. El uso de estos productos se ha generalizado en todo el mundo, y en algunas regiones como Centroamérica, su impacto ha sido y es considerable, no solamente por los números elevados de intoxicaciones (principalmente El Salvador y Guatemala), así como por los efectos a largo plazo.

El problema es complejo porque en muchas ocasiones se trata de productos prohibidos en su país de origen y producidos únicamente para exportación. En segundo lugar, los países tropicales no han tenido una regulación adecuada en cuanto a la educación acerca del uso de estos productos. Por lo general no ha existido una integración entre los sectores agrícola y de salud.

Un caso dramático es el relacionado con la esterilización de casi 2,000 trabajadores bananeros con el nematicida DBCP durante la década de los años setenta. Este caso ha adquirido una relevancia adicional por los Entes del Estado de Texas, que han aceptado jurisdicción sobre las demandas de los trabajadores, quienes han llevado a juicio a los fabricantes (Shell y Dow Chemical) y la empresa bananera Standard Fruit Co.

El uso y abuso de los agroquímicos tiene su origen en la ignorancia y la irresponsabilidad de muchos actores en la cadena desde el fabricante, gobiernos de los países involucrados, importados, comercializados y usuarios. El nivel de abuso en la utilización de estos productos hace que su emisión al medio sea elevada, y las descargas totales en ríos y mares son ya elevadísimas. Por ejemplo, los laboratorios de biología marina de los campos de Florida, detectan niveles de pesticidas prohibidos en Estados Unidos que vienen de Centroamérica y México.

Otra preocupación creciente respecto al uso de pesticidas y plaguicidas en la agricultura es la relacionada al llamado "círculo de veneno". En un caso típico, un pesticida prohibido en los Estados Unidos o Europa, es utilizado en un país en vías de desarrollo para producir un vegetal, fruta o planta para exportación. El plaguicida prohibido "regresa" a su país de origen dentro del producto exportado.

Pocas semanas después de que las Cortes de Texas aceptaran el reclamo de los trabajadores, un embarque de banano de Costa Rica fue, por primera vez, rechazado en los Estados Unidos por exceder el límite en la utilización de un plaguicida.

Aun dentro de los países industrializados, este es un tema difícil que puede ser fuente de conflictos recurrentes. El uso de hormonas para crecimiento bovino en los Estados Unidos y su rechazo en Europa, así como el rechazo de vinos italianos en Estados Unidos por presencia de plaguicidas prohibidos son ejemplos de esta tendencia.

En resumen podemos apuntar a tres tipos de impacto del uso de agroquímicos. El primero es por supuesto el papel de los agroquímicos dentro del costo total de los insumos. En muchos casos este rubro es significativo y preocupante pues se trata generalmente de artículos importados. El segundo impacto es sobre la salud de los trabajadores agrícolas. En este campo ha habido bastante progreso, pero todavía ocurren ejemplos alarmantes y riesgos elevadísimos a grupos inocentes e indefensos.

El tercer impacto es sobre los productos agrícolas mismos y el medio ambiente a través del agua, los suelos y el aire. El transporte de nutrientes, pesticidas y plaguicidas de áreas agrícolas hacia ríos, lagos y mares es considerable y la llegada a todos los rincones del planeta. Hoy día, todos los seres humanos y hasta el último pingüino de la Antártida llevamos una pequeña cantidad de pesticidas y plaguicidas disuelos en nuestros tejidos grasos. Este es uno de los pequeños pero significativos cambios que han ocurrido durante los últimos 50 años.

Conclusiones

Las superficies continentales del planeta representan unos 1.15 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales solamente 0.32 es potencialmente apto para agricultura, y solamente un 10-15% de este suelo posee las condiciones físicas y químicas adecuadas. De manera que la tierra con altas condiciones para agricultura es un recurso de enorme importancia se está perdiendo una tasa anual de 50.000 a 70.000 kilómetros cuadrados. Otros estiman que las pérdidas globales de suelos por erosión y degradación exceden 38.000 millones de toneladas en los últimos 300 años.

Aunque no existe consenso acerca del valor real, es importante apuntar que estas pérdidas, conjuntamente con el impacto de la agricultura en la deforestación tropical, son los dos factores más relevantes en el impacto global de las actividades agrícolas sobre el

ambiente. Existen además otros factores importantes relacionados con la utilización de recursos hídricos y agroquímicos, en particular plaguicidas y pesticidas.

Como respuesta a estos impactos, se plantean una serie de alternativas que van desde la incorporación de métodos tradicionales, policultivos con interacciones favorables, recuperación de germoplasma autóctono, manejo integrado de plagas y la llamada "agricultura sostenible". Ellos pretenden utilizar al máximo los insumos naturales al igual que promover mecanismos de control biológico para minimizar el uso de energía fósil y agroquímicos. Igualmente pretender utilizar prácticas de conservación de suelos y ensayos agroforestales.

Su utilidad no es universalmente aceptada, pero cada día hallan mayor reconocimiento del potencial de una mayor integración en agricultura, el manejo sostenible del bosque y prácticas intermedias de producción, en particular para zonas de amortiguamiento de áreas protegidas.

Respuesta

Renée Lafitte
Coordinadora interina del Subprograma de Agronomía y Fisiología,
Programa de Maíz del CIMMYT

A los agrónomos de todo el mundo les agrada ver que el público es cada vez más consciente de que la agricultura constituye una actividad que tiene repercusiones de gran alcance en el medio ambiente. Aprecio la oportunidad que se me brinda de responder, en nombre de los científicos agrícolas del CIMMYT, a los interesantes comentarios hechos por el Dr. Umaña sobre este tema. Como creo que todos estamos de acuerdo con la conclusión del Dr. Umaña de que la interacción que existe entre la agricultura y el ambiente es de suma importancia, no me explayaré sobre este punto. En cambio, me gustaría presentar simplemente algunos ejemplos concretos de las actividades del CIMMYT que tienen implicaciones directas para las tres áreas principales de los efectos ambientales mencionadas por el Dr. Umaña: 1) la demanda de una mayor cantidad de tierras agrícolas y la desforestación resultante en las regiones tropicales, 2) la erosión del suelo y 3) la contaminación producida por productos agroquímicos. Estos ejemplos pueden servir de indicadores para orientar en el futuro las actividades de investigación que deberán resolver problemas relacionados con el ambiente.

En el pasado, el CIMMYT ha invertido la mayor parte de sus recursos en la creación de germoplasma. La generación de nuevas variedades de alto rendimiento constituye un factor clave para reducir la necesidad de explotar tierras marginales, como los bosques tropicales recién desmontados. Por ejemplo, si bien la superficie total sembrada con maíz en los países en desarrollo aumenta a un índice anual del 0.8%, la tasa de crecimiento de la producción de maíz es de 3.5% al año. Es evidente que la causa principal del incremento de la producción es el mayor rendimiento que depende del empleo de variedades que responden a los insumos. Si no existieran dichas variedades, en los últimos decenios los agricultores se hubieran visto obligados a explotar una cantidad mucho mayor de tierras nuevas con el fin de satisfacer la demanda de alimentos, muchas veces penetrando en regiones delicadas desde el punto de vista ecológico.

Como mencionó el Dr. Umaña, las variedades mejoradas, que responden más a los insumos, favorecen la utilización de éstos por parte de los agricultores de los países en desarrollo. Hemos descubierto que, en términos generales, las variedades mejoradas de maíz y trigo rinden más que las variedades tradicionales, tanto con un bajo como con un alto nivel de insumos. Empero, para aprovechar al máximo su potencial, es preciso usar prácticas agronómicas mejoradas. El manejo eficiente y responsable de estos insumos es esencial para evitar consecuencias ambientales adversas.

Además de crear germoplasma para ambientes con un elevado potencial de rendimiento, los Programas de Maíz y Trigo del CIMMYT trabajan con germoplasma para suelos ácidos. Alrededor de mil millones de hectáreas en regiones tropicales y subtropicales presentan problemas de acidez del suelo, aunque por lo demás son adecuadas para la producción de cultivos. Si fuera posible dedicar estas zonas a la agricultura, se podría evitar la explotación de zonas marginales y vulnerables. En el caso del trigo, los materiales mejorados con tolerancia a suelos ácidos presentan un comportamiento muy superior al de las variedades susceptibles. Como sucede en el caso de muchas variedades mejoradas, existe una fuerte interacción entre el genotipo y la tecnología de manejo de cultivos para suelos ácidos.

Entre las actividades de creación de germoplasma que afectarán el empleo de productos agroquímicos cabe mencionar los esfuerzos del CIMMYT por utilizar la resistencia de la planta huésped a enfermedades e insectos, con lo cual se reduciría la necesidad de utilizar pesticidas y fungicidas. Dentro del Programa de Trigo, el constante mejoramiento de la resistencia a las enfermedades representa un incremento en el rendimiento del 2.9% anual en regiones donde la roya de la hoja constituye un factor importante. Si no existieran estas variedades resistentes, se estima que, en término medio, se perdería por lo menos un 5% de la cosecha de trigo de los países en desarrollo a causa tan solo de la roya, lo que equivale a un total de 10 millones de toneladas de trigo al año.

Asimismo, el Programa de Maíz ha obtenido resultados prometedores en el mejoramiento para obtener resistencia a los insectos; hoy día nos encontramos en la etapa en que la aplicación de insecticidas sólo da por resultado un incremento de alrededor del 5% en el rendimiento, con lo cual se ha reducido en gran medida la necesidad que tienen los agricultores de aplicar este tipo de productos químicos.

Los fertilizantes químicos constituyen otra clase de productos agroquímicos que, cuando se aplican en exceso, resultan perjudiciales. Con el fin de resolver este problema, en 1986 el Programa de Maíz comenzó a trabajar con genotipos tolerantes a un bajo nivel de nitrógeno en el suelo. Los resultados indican que los materiales mejorados recuperan una mayor cantidad del nitrógeno que se encuentra en el suelo tanto a altos como a bajos niveles de fertilidad, lo cual significa que sólo una pequeña cantidad del fertilizante aplicado se pierde en el medio ambiente.

Me gustaría mencionar ahora algunas de las iniciativas tomadas por el CIMMYT en relación con la investigación sobre manejo de cultivos y las consecuencias que tendrán en la sostenibilidad. Si bien el germoplasma influye mucho en el efecto que tiene la agricultura sobre el ambiente, los verdaderos avances en lograr sistemas agrícolas viables procederán de la investigación sobre el manejo de cultivos y recursos.

Como observó el Dr. Umaña, la erosión del suelo ocasionada por el agua es uno de los primeros procesos que deben controlarse a fin de conservar la productividad de las tierras agrícolas. Esto es especialmente cierto en las zonas que presentan pendientes. El mantener una cubierta protectora de rastrojo sobre la superficie del suelo como parte de un sistema de labranza de conservación es la mejor solución que tenemos hasta el momento para el problema de la erosión, y también promueve la conservación de la humedad en el suelo. La tecnología de la labranza de conservación se halla bien establecida en las zonas templadas, pero será preciso modificarla para que se adapte a las regiones tropicales. Por ejemplo, en muchas de esas regiones el rastrojo tiene otros usos, sobre todo como forraje para el ganado, y por tanto los agricultores se muestran renuentes a dejarlo en los campos. En las zonas donde hay dos ciclos de cultivo por año, los residuos pueden favorecer insectos y enfermedades, lo cual significa que la rotación de cultivos debe planificarse con sumo cuidado.

Los agrónomos del CIMMYT tratan de resolver estos problemas con la colaboración de los programas nacionales de Centroamérica en el caso del maíz y de América del Sur en el del trigo. Por otra parte, esperamos ampliar algunos proyectos aquí en México para trabajar en tecnologías de labranza de conservación para ambos cultivos.

El Programa de Economía también participa activamente en la labor asociada con la labranza de conservación, sobre todo en la identificación de los factores ambientales, económicos y políticos que facilitan la transferencia de esta tecnología a los agricultores.

Otra de las tecnologías que tenemos a nuestra disposición para reducir al mínimo la erosión y aumentar la cantidad de nutrimentos en el suelo para el maíz es el empleo de leguminosas de cobertura, tales como especies de *Stizalobium* o *Canavalia* en los trópicos húmedos. Estas especies se incorporan al sistema ya sea como abono verde o sembrándolas en el cultivo de maíz en algún momento de la temporada, y se ha observado que mejoran en gran medida la protección que se da al suelo.

Los agrónomos del CIMMYT trabajan en esta tecnología en colaboración con los programas nacionales de Centroamérica. El Programa de Economía también participa en la evaluación del empleo de mucuna en sistemas de ese tipo en México y Honduras. Además de reducir la erosión del suelo, estas especies de abono verde pueden reducir los costos de preparación de la tierra, aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y estabilizar el rendimiento.

Otros problemas relacionados con la sostenibilidad, tales como la conservación de las propiedades químicas y físicas del suelo, son más difíciles de cuantificar que la erosión del suelo. Por ejemplo, la productividad de la rotación arroz-trigo que abarca hoy día alrededor de 18 millones de hectáreas en Asia, parece estar disminuyendo en algunas regiones. Los científicos del CIMMYT, con la cooperación de los científicos de una gran variedad de disciplinas de los programas nacionales de la región asiática, investigan las causas de esta disminución.

El Dr. Umaña hizo la importante observación de que debemos considerar nuevos criterios cuando se trata de evaluar el éxito de las tecnologías agrícolas. A medida que crece la población mundial, debe incrementarse también la producción de alimentos, pero no a expensas de los recursos naturales de la cual depende en última instancia la agricultura misma. Resulta a todas luces preferible incrementar la producción de las tierras ya cultivadas que explotar regiones menos apropiadas. Este objetivo, la obtención de más alimentos de las tierras ya cultivadas sin degradar el ambiente, implica que no podemos abandonar la tecnología ni la agricultura intensiva. Todos los expositores que hemos escuchado esta mañana han hecho hincapié en la necesidad de contar con nuevos conocimientos y nuevas tecnologías. Es imperativo proteger el ambiente al mismo tiempo que se incrementa la producción de alimentos, lo cual nos obliga a todos a esforzarnos más por desarrollar tecnologías agronómicas creativas y eficaces, y generar germoplasma que permita utilizar de la mejor manera posible esas prácticas de manejo.

Contribuciones científicas futuras en el maíz y el trigo

Sir Ralph Riley
Universidad de Cambridge,
Inglaterra

Resumen

Disciplinas tales como la biología molecular y la celular presentan nuevas técnicas que podrían ayudar al CIMMYT a cumplir con su misión porque agilizarían tanto nuestra labor fitotécnica como los otros tipos de investigación que desarrollamos. Entre las técnicas nuevas se cuenta la elaboración de mapas de los RFLP que el Centro ha iniciado ya. También serían útiles tecnologías innovadoras que permitan 1) determinar si la estructura del genomio de un progenitor recurrente ha sido debidamente restaurada antes de comenzar los ensayos en campo; 2) avanzar el mapeo del genomio del trigo a grado tal que sea posible encontrar los genes de resistencia por medio de sus marcadores RFLP correspondientes, lo cual simplificaría la acumulación piramidal de los genes de resistencia; 3) descubrir formas de resistencia generalizada o durable y cómo aprovecharlas para proteger los cultivos, y 4) mantenerse al tanto de la investigación sobre las proteínas que protegen las plantas contra las temperaturas extremas, en vista de la responsabilidad que tiene el Centro en países donde existen condiciones climáticas extremas.

Es un gran placer estar presente en la celebración del 25o Aniversario del establecimiento del CIMMYT. Traigo no sólo mis propios saludos sino también los del Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en las Zonas Aridas (ICARDA), de cuyo Consejo Directivo formo parte, y de la Estación Experimental de Rothamsted (RES), donde presido el Consejo. Los aniversarios son ocasiones para examinar el pasado y el futuro y en Rothamsted

planeamos actualmente la celebración de nuestro 150o aniversario, ya que la Estación se estableció en 1843. Las fundaciones del CIMMYT y de Rothamsted se asemejan ya que ambas instituciones se crearon como consecuencia de la aplicación de tecnologías eficaces. En Rothamsted, en 1843 John Bennett Lawes ya había demostrado que el fertilizante superfosfato, que preparaba tratando huesos con ácido sulfúrico, mejoraba considerablemente el desarrollo de los cultivos gracias a la continua disponibilidad de fosfato. En consecuencia, se usaron por primera vez fertilizantes minerales y los agricultores comenzaron a aprovechar los conocimientos existentes sobre los nutrimentos.

En sus comienzos, el CIMMYT aprovechó los conocimientos que sobre el maíz tropical, subtropical y para tierras altas habían acumulado sus predecesores del programa conjunto de investigación agrícola de la Secretaría de Agricultura de México y la Fundación Rockefeller. Asimismo, continuó la investigación sobre el uso de los genes del semienanismo y cualidades afines en el trigo, desarrollada en ese programa. El jefe designado por la Fundación Rockefeller para ese programa, Norman Borlaug, se convirtió en el Director del Programa de Trigo del CIMMYT. Las primeras variedades semienanas, como Pitic 62, Siete Cerros y muchas otras, ya estaban muy difundidas (Borlaug 1958). Por consiguiente, tecnologías nuevas e innovadoras, comprobadas ya en la práctica, constituyeron sólidos cimientos tanto para el CIMMYT como para Rothamsted. Quizás esto sea una lección para quienes participan en el establecimiento de instituciones: se alcanzará un éxito más rápido y completo cuando la institución nueva aprovecha logros anteriores.

Se introdujeron conceptos totalmente nuevos en la investigación de trigo. la explotación de genotipos de escasa altura, sensibles a los fertilizantes e insensibles al fotoperíodo, que fueron mejorados con la tecnología fitogenética recientemente desarrollada que se basaba en el mejoramiento alternado y en poblaciones enormes de segregantes de generación temprana. Todo esto es bien sabido y yo no vendría al CIMMYT a hablarles de los éxitos logrados por ustedes mismos si no fuera por dos razones.

La primera es felicitarlos por lo que con seguridad es el mejor obsequio de cumpleaños que podrían recibir: se estimó que en 1990-1991 la producción mundial de trigo ha sido de 589 millones de toneladas métricas, la mayor hasta el momento. En la publicación CIMMYT 1990-91 Hechos y tendencias mundiales relacionados con el trigo (CIMMYT 1991) modestamente se atribuye esta cosecha récord a la expansión de la superficie sembrada y al clima favorable en el hemisferio norte. Todos los que admiramos la labor del CIMMYT sabemos que esa cosecha no hubiera sido posible sin la tecnología de producción de trigo basada en estudios iniciados en el CIMMYT.

El segundo punto que hay que destacar es que el CIMMYT es una institución fundada sobre la base de innovaciones y del nuevo pensamiento estratégico acerca de la ciencia del trigo y, como lo demuestran la resistencia a las enfermedades y los insectos y la calidad del grano, sobre la ciencia del maíz. Con estos antecedentes, se puede esperar que el

Centro responda con entusiasmo a métodos y criterios nuevos que prometen mejorar la suerte de los agricultores de maíz y de trigo en los países en desarrollo. Es una gran satisfacción ver que el CIMMYT es sensible a los nuevos métodos que se aplican en el fitomejoramiento, ya que realiza actividades en genética molecular aplicada, la hibridación amplia ocupa un lugar destacado en los Programas de Maíz y de Trigo y se estudia activamente la fisiología de los cultivos.

Dos culturas

En un tiempo me preocupó que el CIMMYT se incorporara a sólo una de las dos culturas en las cuales percibo que puede dividirse la investigación fitotécnica. Uso el término "dos culturas" por analogía con la descripción de la vida intelectual en los 60 y los 70. El término fue usado por quienes pensaban que existía una brecha infranqueable que separaba a los individuos e instituciones cuyo estímulo intelectual provenía de las artes y la literatura de aquellos cuyo pensamiento se centraba por completo en la ciencia y la tecnología. La razón de mi temor de que la investigación fitotécnica pueda dividirse en forma similar se ilustra en una importante reunión recientemente celebrada y otra que se efectuará en 1992: el Tercer Congreso Internacional de Biología Fitomolecular realizado en Tucson, Arizona, en octubre de 1991, y el Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas que se llevará a cabo en Ames, Iowa, en julio de 1992. Más de 3,000 personas asistieron a la reunión de Tucson y Kenneth Frey, Presidente de la reunión que se celebrará en Ames, dijo que esperaba que concurran a ella más de 2,000 científicos. He comparado a quienes efectuarán exposiciones en las dos reuniones. Según veo, sólo hay cuatro personas que participarán en ambas reuniones y una de ellas, John Barton, se concentra en los derechos de propiedad intelectual más que en la ciencia experimental. Por supuesto, reconozco que puede haber algunos científicos que participarán en ambas reuniones que no estén mencionados en el programa principal, y otros que consideren que son demasiadas dos reuniones internacionales en menos de un año. No obstante, me preocupa la posibilidad de que lo que detecto sea una división en la ciencia que afecta a la agricultura. Si fuera así, sería perjudicial para quienes dependen de la agricultura, incluidos los que se han beneficiado y continúan beneficiándose con la labor del CIMMYT.

El mejoramiento fitogenético continuará dependiendo en el futuro próximo de la selección y las pruebas sobre el terreno, pero no debe ignorar la ayuda que pueden proporcionar otras disciplinas.

La función de la biología celular y molecular es apoyar el fitomejoramiento y es importante que ambas disciplinas se comprendan mutuamente si se desea lograr la máxima sinergia. En consecuencia, me inquietan las dos culturas que comienzo a percibir y me complace que al menos esto no sucede en el CIMMYT.

Nosotros afrontamos ese problema en el Instituto de Fitomejoramiento en Cambridge a fines de los 70, cuando comenzaba a desarrollarse allí la genética molecular. Los

científicos que trabajaban con los procedimientos bien establecidos y probados para producir variedades nuevas se sintieron amenazados por los métodos nuevos facilitados por la biología molecular. Por consiguiente, la nueva tecnología no fue bien acogida. Sucedió esto a pesar de que no hubo ninguna reducción en el dinero dedicado a los métodos fitotécnicos establecidos y de que la biología molecular siempre aportó nuevos recursos económicos. Esas tendencias "ludditas" retrasaron el progreso de las ciencias agrícolas. (Tal vez deba explicar que, alrededor del período de 1810-1820, las brigadas que destruían maquinaria para demostrar su oposición a la Revolución Industrial en Inglaterra fueron llamadas "ludditas", nombre que ahora se aplica a todos los que se oponen a los cambios benéficos.) La situación en Cambridge mejoró en el transcurso de los años, en particular cuando métodos nuevos como la prueba de la mancha foliar mediante el ácido nucleico para detectar la presencia de virus en plantas individuales hicieron más precisa la selección para lograr la resistencia a los virus, y la electroforesis de la proteína de almacenamiento en el trigo mejoró la eficiencia de la selección para obtener calidad de panificación. Según esto, corresponde a los genetistas moleculares demostrar a los fitomejoradores que pueden ayudar en el proceso fitotécnico.

Agenda de investigación del CIMMYT

Al invitarme a venir al CIMMYT para estas celebraciones, el Director General sugirió que tal vez me gustaría centrar mi ponencia en las nuevas metodologías científicas que son pertinentes a la misión del CIMMYT.

Abordo esa solicitud con cierta ansiedad a causa de mis recuerdos de dos ocasiones memorables en 1976 y 1988, cuando presidí las revisiones externas de los programas del CIMMYT. Las diferencias en las perspectivas de los observadores internos y externos se vuelven muy claras. Sin embargo, en relación con el futuro del Centro, me imagino que no se puede discutir que el CIMMYT debe basarse en sus puntos fuertes, que por supuesto incluyen las áreas del mejoramiento genético, la manipulación de la resistencia a las enfermedades y los insectos, las cruzas amplias y el control fisiológico de factores físicos, como la toxicidad del suelo, que limitan la productividad de los cultivos. Gran parte de esta última labor ha sido útil para la investigación sobre el manejo de los cultivos en la cual el CIMMYT participará cada vez más, de acuerdo con las expectativas expresadas en el Plan Estratégico de que en los 90 los mayores incrementos de la producción se originarán en el mejor manejo de los cultivos más que en el fitomejoramiento.

En mi interés por la biología fitomolecular influye mucho mi participación, como miembro del Comité Asesor Científico, en el Programa Internacional sobre Biotecnología del Arroz de la Fundación Rockefeller. En caso de que no estén familiarizados con este programa, tomo la oportunidad para informarles que está en marcha desde 1984 y su propósito es efectuar investigaciones que aumenten la producción, la confiabilidad y el valor nutricional del arroz cultivado por los agricultores pobres en los países en desarrollo. La labor es realizada por grupos complementarios de investigación en numerosos países

industrializados y en desarrollo, todos con el mismo propósito esencial; se trata entonces de una red internacional de investigación.

El punto fuerte del CIMMYT ha sido siempre el mejoramiento genético, como lo demuestran las estratégicas y socialmente útiles investigaciones fitogenéticas usando los genes del semienanismo, el mejoramiento alternado en gran escala y otras innovaciones en el trigo. ¿Cuáles son las nuevas oportunidades en este campo? Una de ellas es el mapeo de los RFLP (polimorfismos en la longitud de fragmentos de restricción). El CIMMYT ya ha iniciado este tipo de investigación en el maíz. El fitomejoramiento utilizando la técnica de los marcadores ya es una realidad potencial en el maíz, cuyo mapa está casi completo y segmentos cromosómicos útiles pueden ser marcados y rastreados en los programas fitotécnicos (Murray et al. 1991).

Gracias a la labor dirigida por el Dr. Steve Tanksley de la Universidad de Cornell, ya existe el mapa de los RFLP del arroz, que incluye alrededor de 450 marcadores con un promedio de distribución de 5 cm entre los loci. Este mapa se puede usar para obtener resistencia al añublo, el tizón bacteriano y la chicharrita de lomo blanco. Un aspecto tal vez más importante del programa de arroz es que científicos de muchos países en desarrollo han sido capacitados en Cornell y en el IRRI y en cursos itinerantes especiales realizados por Gary Kochert de la Universidad de Georgia. Este científico preparó manuales de laboratorio y recorrió ocho países del sudeste de Asia con el fin de enseñar a elaborar mapas de los RFLP. Si aún no lo ha hecho, el CIMMYT podría transmitir los conocimientos sobre los RFLP a los sistemas nacionales de investigación agrícola (NARS) que tienen programas de mejoramiento del maíz, de tal modo que, usando las sondas del CIMMYT, puedan elaborar mapas en sus propios genotipos importantes y, de ese modo, proporcionar marcadores para genes que sean especialmente útiles para sus programas. Podrán así resolver problemas agrícolas específicos de sus regiones.

La investigación sobre los RFLP del trigo ya se efectúa en varios laboratorios y se ha iniciado en forma tentativa en el CIMMYT. Estoy muy familiarizado con el trabajo de Mike Gale y sus colegas en Norwich, Inglaterra, quienes han descubierto alrededor de 1,000 marcadores y los han asignado a cromosomas; ya se han elaborado mapas precisos de unos 350.

En este punto es conveniente decir algo acerca de las cruzas entre especies, un área en la cual el CIMMYT ha trabajado desde su primera intervención con el triticale, que se inició hace unos 25 años. Algunos de los productos recientes del Programa de Trigo del CIMMYT se derivaron mediante cruzas amplias, como los trigos Veery, que contienen un segmento del cromosoma 1R del centeno que originalmente fue transferido al cromosoma 1B en lo que entonces era Alemania Oriental. Posteriormente se han realizado investigaciones extensas sobre la hibridación amplia en el trigo y el maíz.

El rastreo de segmentos de cromosomas exógenos que se han incorporado en genotipos receptores de trigo o maíz es uno de los problemas afrontados por los citogenetistas que trabajan en esos programas. En los últimos años se han establecido dos nuevos esquemas de rastreo que el CIMMYT debe adquirir si aún no lo ha hecho. El primero de ellos es el bloqueo de genomas, descrito por Heslop-Harrison et al. (1990), en el cual el ADN genómico del donador se puede distinguir del ADN del receptor mediante la hibridación ADN-ADN in situ en preparaciones citológicas. Por consiguiente, se puede determinar con precisión la presencia y la localización del ADN introducido que tiene genes valiosos desde el punto de vista agrícola. Otro método, descrito por Jena et al. (1991), se aplicó al material en el que se transfirió la resistencia a la chicharrita café de *Oryza officinalis* a *Oryza sativa*. Los segmentos del ADN de *O. officinalis* reconocidos por sus secuencias de RFLP podían ser detectados mediante las modificaciones en el mapa de *O. sativa*. En consecuencia, se puede determinar la naturaleza de la modificación en el ADN del receptor con estos dos métodos, lo cual permite establecer si se ha restaurado adecuadamente la estructura genómica de un progenitor recurrente antes de que se lleven a cabo las pruebas en el campo.

Recuerdo que en el momento de la revisión externa de los programas en 1976 analizamos extensamente con nuestros colegas del CIMMYT la acumulación piramidal de genes para obtener resistencia a las enfermedades, de tal modo que se pudiera proporcionar la protección genética más amplia posible. El CIMMYT afrontaba el problema de que el elevado potencial de rendimiento de sus genotipos de trigo no se realizaba en algunos lugares a causa de la presencia de razas patógenas virulentas. La acumulación piramidal de genes de la resistencia en distintos loci es posible cuando cada gen proporciona resistencia a una raza diferente del patógeno y se puede practicar la selección mediante la infección por cada raza por separado. Este es un procedimiento complicado, que se simplifica si se puede rastrear cada gen de la resistencia por su propio marcador de RFLP. Es urgente que el CIMMYT perfeccione el mapa del trigo hasta que sea posible efectuar este rastreo.

Los fitomejoradores han hecho mucho hincapié en que es preciso basarse cuando sea posible en la llamada resistencia "durable", término que creo que fue usado por primera vez por Johnson (1981). La durabilidad implica una forma de resistencia generalizada a las enfermedades o los insectos que es prolongada, posiblemente porque es incompleta y, por lo tanto, no ejerce la misma presión de selección sobre el patógeno que la resistencia total, la cual posteriormente resulta específica para la raza. Me gustaría que el CIMMYT se preguntara cómo se pueden comprender y explotar mejor en la protección de los cultivos las formas generalizadas y durables de la resistencia. Mi interés se origina en el progreso logrado en el Programa de Biotecnología del Arroz de la Fundación Rockefeller por Chris Lamb (Dixon y Lamb 1990), del Instituto Salk. Lamb señala que la resistencia al ataque de las enfermedades depende de defensas inducibles que incluyen la producción de fitoalexina, el fortalecimiento de las paredes celulares mediante la síntesis de lignina,

glucoproteínas ricas en hidroxiprolina y callosa, y de la síntesis de enzimas líticas, tales como la quitinasa y la glucanasa, que destruyen las paredes celulares de los patógenos invasores. Se comienzan a conocer los mecanismos moleculares que sustentan esas defensas y es posible manipularlos. Muchas de esas enzimas ya se conocen y se proyectan intervenciones en sus actividades. El CIMMYT no puede descuidar esta área que avanza rápidamente, con su potencial para la protección prolongada de los cultivos contra las enfermedades y los insectos. Quienes formulan las políticas del CIMMYT deberán decidir si las investigaciones pertinentes se efectuarán en el Centro o será preciso acercarse a los laboratorios de los países industrializados donde ya está en marcha ese trabajo. En la actualidad, se efectúa una labor similar a la del arroz en el maíz (Nasser et al. 1988), la cebada (Swegle et al. 1989) y varias otras especies de plantas.

Pienso que ésta es un área de la ciencia que tendrá un rápido desarrollo en el próximo decenio, en formas inesperadas cuando la biología molecular comenzó a aplicarse a las plantas. Si bien podíamos prever beneficios provenientes de las manipulaciones en las que el componente de resistencia activa era el primer producto del gen, parecían existir pocas posibilidades de avanzar cuando los sistemas incluían el metabolismo intermediario. No obstante, como se señaló antes, ahora se conocen mejor algunos procesos del metabolismo intermediario, como los que resultan en la resistencia a las enfermedades bacterianas y causadas por hongos. Lo mismo ha sucedido con las respuestas de las plantas a los componentes físicos del ambiente. Una rama importante de la investigación se ocupa de las proteínas que protegen a las plantas contra las temperaturas bajas o altas (Barros et al. 1991). Este es también un campo que debe ser observado de cerca por el CIMMYT, ya que el Centro tiene responsabilidades en países donde existen condiciones climáticas extremas.

En la nota que me dirigió, el Dr. Winkelmann me pregunta especialmente sobre la función del CIMMYT en la transformación genética, mencionando el acuerdo entre el PNUD y el CIMMYT. Como no conozco lo que se ha acordado entre el CIMMYT y el PNUD, mi respuesta a la pregunta es totalmente imparcial. Se ha desarrollado un sistema de transformación para el arroz japonés, que se aplica en varios laboratorios. El sistema usa la metodología de los protoplastos principalmente con polietilenglicol (PEG). Ha tenido éxito la transformación con el arroz de la India, pero la tecnología no está tan bien establecida como en el caso del arroz japonés. La investigación se apoya también en los métodos biolísticos y de *Agrobacterium*. La situación es que, si bien se ha logrado la transformación en el arroz, ésta aún se encuentra en la etapa experimental. Aún no existe una tecnología que se pueda usar ordinariamente como componente de un programa fitotécnico, a pesar de más de cinco años de trabajo en varios laboratorios buenos con gente talentosa. Pienso que la transformación está más avanzada en el arroz que en cualquier otro cereal, incluido tal vez el maíz, si bien no conozco la eficacia de los sistemas disponibles para el maíz en el sector privado.

En el caso del arroz, antes de que la transformación pueda convertirse en parte de un programa fitotécnico será necesario abordar los problemas del aumento progresivo. El aumento progresivo en cualquier tipo de desarrollo de tecnología plantea problemas diferentes de los encontrados en la primera etapa experimental. En la transformación, será preciso contar con métodos que creen transformantes primarios en cantidades que permitan la selección de genotipos con la inserción estable del ADN introducido, donde su posición o posiciones en el ADN del receptor sea fenotípicamente óptima, con expresión en el elemento meta en un nivel que permita la traducción óptima de los nuevos genes sin otras modificaciones perjudiciales del genotipo receptor. Las cantidades necesarias para lograr esas características sin duda dependerán del cultivo en cuestión. Evidentemente se relacionarán con el tamaño del genoma de la especie receptora y su grado de ploidia. De la consideración de esos factores puede surgir una rama secundaria de la genética de las poblaciones. Finalmente, se deben abordar interrogantes vinculados con el lanzamiento. Por ejemplo, ¿se permitirá lanzar para el consumo humano cultivos cuyos genotipos portan genes que codifican la producción de antibióticos? Se usan experimentalmente esos genes para permitir la selección de transformantes.

Lo que quiero decirles es que el proceso no consiste sólo en "¡Bravo, tenemos un transformante!" Los factores que he enumerado deben ser considerados antes de que una tecnología se pueda aprovechar. Cuando se perfeccione la tecnología de la transformación, será preciso aplicar los métodos fitotécnicos normales a sus productos.

El punto fuerte del CIMMYT no es su capacidad de encontrar nuevos caminos en la ciencia sino aplicar la ciencia para el beneficio de la humanidad. En ese contexto, quizá sea mejor dejar a otros la investigación sobre la transformación. El CIMMYT deberá participar cuando la experimentación haya producido tecnologías utilizables que aumenten la producción de maíz, trigo, cebada y triticale.

Observaciones finales

Tal vez sin cautela, he respondido a la solicitud de describir cómo será un aspecto del CIMMYT en el futuro. Reconozco que alguien con una experiencia diferente podría haber hablado del futuro del CIMMYT en el modelado de cultivos, la fisiología de los cultivos, el procesamiento de datos u otros componentes de la vida institucional del Centro. Espero no haber hecho demasiado solemne esta celebración. Somos serios pero no solemnes.

Con frecuencia visito centros internacionales de investigación agrícola y cuando lo hago recuerdo un pasaje de los escritos de ese gran irlandés, Jonathan Swift. En 1727, al describir los viajes de Gulliver a la Academia de Lugado en "Viaje a Laputa", escribió:

> "El primer Hombre que vi era enjuto, con las Manos y el Rostro tiznados, el Cabello y la Barba largos, desgreñados y chamuscados en varias Partes. Sus Ropas, Camisa y Piel eran del mismo Color. Había trabajado Ocho Años en un Proyecto para Extraer Rayos Solares de los Pepinos, los cuales iban a ser colocados en Frascos sellados herméticamente,

y liberados para calentar el Aire en los Veranos inclementes. Me dijo que no dudaba que, en Ocho Años más, podría proporcionar una Cantidad razonable de Rayos Solares a los Jardines del Gobernador; sin embargo, se quejó de que era escaso el Material de que disponía y me rogó que le diera algo como Estímulo al Ingenio, especialmente porque los Pepinos habían sido muy caros esa Temporada. Le hice un pequeño Obsequio, ya que mi Señor deliberadamente me había proporcionado Dinero porque conocía la Costumbre que tenían de mendigar ante todos los que iban a verlos".

Esto no representa adecuadamente a un centro de investigación, pero hay elementos suficientes para que la descripción parezca pertinente. Existe una devoción por el trabajo centrada en los proyectos: la optimista concentración en un proyecto a largo plazo (nótese que ya en 1727 se llamaba "proyecto"). Y entonces, como ahora, no existían recursos suficientes para realizar la tarea porque habían aumentado inesperadamente los costos y se necesitaba más dinero. No quiero imponer mi opinión; sin embargo, ¿no hay cierta similitud?

El futuro

Durante 25 años el CIMMYT ha contribuido en forma creativa al mejoramiento de maíz y de trigo. Ha realizado el equivalente de liberar rayos solares contenidos en frascos al aumentar la cantidad de carbono fijado por la luz solar en forma de alimentos.

Es imposible pronosticar adónde llegarán las ciencias agrícolas en los proximos 25 años, en los que la población mundial se duplicará. Será preciso mejorar mucho nuestra eficiencia científica para afrontar los problemas de suministro de alimentos que se producirán. Sin embargo, ¿quién hubiera pensado cuando se fundó el CIMMYT que, 25 años más tarde, estaríamos a punto de mejorar considerablemente la eficiencia del fitomejoramiento? En esos momentos, la transformación hubiera sido un sueño imposible. ¿Qué oportunidades científicas se presentarán en el futuro? Todo lo que podemos decir acerca del futuro es que será diferente.

No hay un logro más noble que la labor que realiza el CIMMYT, la cual permitirá a los agricultores, mediante los sistemas nacionales de investigación agrícola, incrementar la provisión de alimentos para los pobres. Ojalá puedan ustedes continuar durante mucho tiempo cumpliendo con su compromiso con esta tarea vital, usando toda la ciencia y la tecnología que les permitan hacerlo con eficiencia.

Referencias

Barros, D., E. Czarnecka y W.B. Gurley. 1991. Soyabean heat shock gene, GMhsp: 17.5E mutational definition of the heat shock module. En p. 1622, R.B. Hallick. ed., Program and Abstracts, 3rd. Int. Congress of Plant Molecular Biology, University of Arizona.

Borlaug, N.E. 1968. Wheat breeding and its impact on world food supply. En p. 1-36, K.W. Finlay y K.W. Shepherd, eds., Proc. 3rd. Int. Wheat Genet. Symp. Butterworth and Co. (Australia) Ltd., Sydney.

CIMMYT. 1991. 1990-91 CIMMYT World Wheat Facts and Trends: Wheat and Barley Production in Rainfed Marginal Environments of the Developing World. México, D.F.: CIMMYT.

Dixon, R.A. y C.J. Lamb. 1990. Molecular communication in plants: microbial pathogen interactions. Annual Rev. Plant Physiol. 41:339-367.

Heslop-Harrison, J.S., A.R. Leitch, T. Schwarzacher y K. Anamthawat-Jonsson. 1990. Detection and characterization of 1B/1R translocations in hexaploid wheat. Heredity 65:385-392.

Jena, K.K., G.S. Khush y G. Kochert. 1991. RFLP analysis of introgression lines of O. sativa L. having insect resistance gene(s) introgressed from *O. officinalis* Wall ex Watt. Theor. Appl. Genet. (en prensa).

Johnson, R. 1981. Durable resistance: definition of, genetic control and attainment in plant breeding. Phytopathology 71:567.

Murray, M.G., Y-S. Chyi, J.H. Cramer, J. Romero-Severson, D.F. West y D. Zaitlin. 1991. Application of restriction fragment length polymorphism to maize breeding. En p. 156, R.B. Hallick. ed., Program and Abstracts, 3rd. Int. Congress of Plant Molecular Biology, University of Arizona.

Nasser, W., M.D. Tapia, S. Kauffmann, S. Montasser-Kouhsari y G. Burkard. 1988. Identification and characterization of maize pathogenesis-related proteins: Four maize P.R. proteins are chitinases. Plant Mol. Biol. 11:529-538.

Swegle, M., J-K. Huang, G. Lee y S. Muthukrishnan. 1989. Identification of an endochitinase cDNA clone from barley aleurone cells. Plant Mol. Biol. 12:403-412.

Respuestas

Luis Herrera-Estrella
Jefe del Departamento de Biología Molecular del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional de México (IPN)

Respecto a la agricultura moderna, Sir Ralph Riley manifiesta una preocupación muy real por la separación entre los mejoradores y los biólogos moleculares. Yo creo que esta separación es temporal y se debe sobre todo a problemas de lenguaje y de entendimiento

entre dos generaciones con tradiciones distintas. Sin embargo, creo que en los últimos tres años ha habido un acercamiento muy importante entre los mejoradores y los biólogos moleculares o biotecnólogos, que no sólo han creado una conciencia de que debe haber amistad entre los mejoradores y los biólogos moleculares, sino que nos han hecho pensar que en un futuro va a ser necesario el matrimonio entre ellos; tal vez un buen ejemplo es mi presencia en este evento.

Yo no soy un alto funcionario público mexicano ni tampoco directivo de una institución internacional; yo soy investigador y biotecnólogo, y creo que el CIMMYT solicitó mi participación en este evento debido a su interés en las nuevas tecnologías que probablemente tendrán un impacto muy importante en el desarrollo de la agricultura moderna. Por esta razón, es muy loable que el CIMMYT haya tomado en consideración el desarrollo de aspectos de la biología molecular que sirvan para establecer la comunicación e interfase entre la parte biotecnológica y el fitomejoramiento tradicional. Estoy convencido de que esto será sinergético y más eficaz en la aplicación de esas técnicas a los programas de mejoramiento nacionales en los países en desarrollo.

El establecimiento del grupo de técnicas moleculares para el mapeo genético en el CIMMYT me parece un gran acierto del cual podemos esperar dos beneficios muy grandes en el futuro cercano: uno es el uso de esta tecnología para realizar programas de mejoramiento donde se manejen caracteres cuantitativos que puedan transferirse a nuevo germoplasma de manera más eficiente; el segundo, y quizá más importante, es el de catalizar el uso de esta tecnología en los programas nacionales, para lo cual ya se están tomando pasos importantes en el CIMMYT.

El establecimiento de técnicas no radiactivas para la detección de ácidos nucléicos es de gran relevancia. Dado que no se cuenta en muchos países con la infraestructura para manejo de materiales radiactivos, es compleja la transferencia de dicha tecnología a los programas nacionales. Por tanto, el desarrollo de tecnologías no radiactivas facilitará la transferencia de técnicas moleculares a los institutos nacionales.

También mencionó Sir Ralph que se están haciendo grandes avances hacia el entendimiento de los procesos moleculares que controlan la respuesta de plantas al ataque por patógenos o factores ambientales. Creo que estos avances indican que la biotecnología tendrá un impacto de gran envergadura en un futuro no muy lejano en el desarrollo de la agricultura, sobre todo en los países que carecen de alimentos, en comparación con los países ya desarrollados donde el impacto va a ser netamente de disminución de los costos de producción.

En este caso, se trata de incrementar la productividad de las tierras que ya están en uso. Para dar ejemplos de lo que la biotecnología ya está produciendo, podemos mencionar la resistencia a insectos, que ya se ha incorporado a muchas especies vegetales, la obtención

de tomates cuya vida de anaquel se ha prolongado de 15 a 120 días y un incremento hasta del 30% en el contenido de almidón de la papa. En vista de estas enormes perspectivas, cabe plantear una pregunta muy relevante: ¿Hasta dónde debe llegar el CIMMYT en las técnicas moleculares? ¿Hasta dónde debe avanzar en este sentido sin dejar de cumplir su función fitotécnica tradicional?

Creo que se puede ilustrar este problema con el programa de biotecnología de arroz que ha estimulado la Fundación Rockefeller. Según mi muy personal criterio, éste ha tenido un gran impacto en el desarrollo de la investigación en arroz, no porque ha recibido fuertes aportes económicos, sino debido a la atinada selección de los laboratorios que participan en el programa, tanto de países desarrollados como los que están en vías de desarrollo y, sobre todo, a la colaboración entre fitomejoradores y biólogos. De especial relevancia es la participación del Instituto Internacional de Investigación en Arroz, cuyos científicos han aportado conocimientos básicos sobre el arroz y su experiencia en experimentos de campo, sin intentar resolver ellos mismos los problemas moleculares; han establecido también programas de colaboración que son modelos dignos de estudio.

Otra cosa importante que debo mencionar es que hace poco más de 10 años la investigación agrícola se desarrollaba en un ambiente casi paradisíaco, donde había libre intercambio de germoplasma, libre transferencia de tecnología y un flujo de información sorprendentemente ágil. Con el advenimiento de la ingeniería genética, ese mundo se está transformando en un mundo de patentes, restricciones legales y de información, lo cual es una consecuencia, diría yo, negativa de esta innovación, aunque tiene sus aspectos positivos. Por tanto, es fundamental que el CIMMYT y otros centros internacionales participen en la búsqueda de mecanismos que faciliten y garanticen la transferencia eficaz de tecnología a los países en desarrollo. Es fundamental subrayar que en nuestros países la tecnología es más importante que en los países ya desarrollados, pues contribuye a mantener nuestra soberanía e impulsar nuestro desarrollo económico.

Por último, quisiera manifestar que el CIMMYT no debe convirtirse en un centro de investigación biotecnológica, ya que su aporte es fundamentalmente en el campo del fitomejoramiento, aunque puede aprovechar muy bien las herramientas que dicha investigación le brinda. Creo que es un gran acierto el mapeo de polimorfismos de sitios de restricción y el uso de otras tecnologías relacionadas, como mencionó Sir Ralph; no obstante, sería una gran pérdida para la agricultura mundial que el CIMMYT se dedicara de lleno a todos los aspectos moleculares. Sería aún más triste que se viera forzado a tomar ese giro por limitaciones de tipo económico, hecho que las agencias donantes deben considerar.

SANJAYA RAJARAM
JEFE DEL SUBPROGRAMA
DE MEJORAMIENTO DE GERMOPLASMA,
PROGRAMA DE TRIGO DEL CIMMYT

Deseo dar las gracias a Sir Ralph por sus palabras positivas sobre el éxito del CIMMYT, pues expresó que "durante los últimos 25 años el CIMMYT ha contribuido de manera creativa al mejoramiento del maíz y el trigo", y agregó que "no se puede negar que el CIMMYT debe basar su trabajo en su capacidad científica existente. Por supuesto, esa capacidad se encuentra en el fitomejoramiento, la manipulación de la resistencia a enfermedades e insectos, las cruzas amplias y el control de los factores fisiológicos, tales como la toxicidad del suelo, que limitan la productividad de los cultivos". Más tarde se refirió a la interacción de las técnicas biotecnológicas actuales, tales como los RFLP y la formación de bloques de genomios como las asistentas del fitomejoramiento. Sir Ralph hizo gran hincapié en estas dos técnicas y mencionó algunos otros conceptos e ideas en forma somera. Me gustaría explicar con más detalle algunos de estos otros.

Los documentos del Plan Estratégico y de la Tercera Revisión Externa de los Programas del CIMMYT describen el programa de investigación que se seguirá hasta inicios del próximo siglo. En él se da una gran prioridad a la investigación disciplinaria. Creo firmemente que es muy conveniente la interacción del fitomejoramiento (orientado a los cultivos) y la investigación disciplinaria (orientada a la estrategia). En ocasiones, como lo mencionó Sir Ralph en su exposición, estas interacciones evolucionan y se dividen en diferentes culturas, y existe el riesgo de que esto podría suceder en el CIMMYT. Debo reconocer que los recursos asignados al fitomejoramiento no han disminuido en comparación con los que se le asignaban antes del plan estratégico, pero en comparación con los que se asignan a otras disciplinas, sí hay una reducción, en especial en el caso del trigo.

Sir Ralph subrayó que es preciso dar una gran prioridad a la resistencia duradera a las enfermedades del maíz y el trigo. Como bien saben, la roya del tallo en el trigo ha sido contenida en todo el mundo durante los últimos 30 años, desde el principio de la era de los trigos semienanos. A principios de los años 70 se iniciaron actividades de mejoramiento para lograr resistencia lenta a la roya de la hoja y, en consecuencia, desde los años 80 se dispone en todo el mundo de germoplasma mejorado de trigo harinero. En los últimos 11 años no se ha informado de ninguna epifitia importante de roya de la hoja ni roya lineal, sobre todo en variedades que poseen los genes de la resistencia lenta. Las metodologías empleadas para lograr estos sistemas han sido ensayos internacionales en múltiples localidades con el fin de identificar esos genes, mejoramiento alternado en México y, por

último, cuantificación de la respuesta a la roya en materiales mejorados. Considero que éstos son ejemplos clásicos de como esos genes se pueden extender a un gran número de materiales mejorados adaptados a diferentes mega-ambientes. Todavía nos sentimos perturbados por la epifitia causada por la raza "T" del tizón sureño del maíz en la Faja Maicera del sur de Estados Unidos. Por esta razón, es indispensable que las variedades de alto rendimiento tanto de maíz como de trigo que se siembran extensamente posean diversidad de resistencia y estabilidad de comportamiento. Por eso mismo, el mejoramiento de mantenimiento debe seguir siendo una actividad prioritaria del CIMMYT. Algunos de estos genes ya se han clasificado genéticamente y su marcado molecular podría facilitar el proceso de mantenimiento.

La elevada estabilidad de comportamiento y la adaptación amplia basada en los mega-ambientes, junto con un elevado potencial de rendimiento, deben seguir siendo el núcleo del mejoramiento de germoplasma de maíz, trigo harinero, trigo duro, triticale y cebada. Las cruzas amplias, complejos germoplásmicos lejanos (primavera x invierno) y la hibridización interespecífica pueden ayudar a incrementar la diversidad genética y ampliar la adaptación. Los problemas relacionados con la calidad industrial adquirirán gran importancia mientras conservemos un balance positivo de alimentos en el mundo.

El mejoramiento para lograr tolerancia a los factores abióticos adversos se reinstauró como consecuencia del Plan Estratégico; pienso que debe seguir formando parte del programa de investigación. En muchos casos, el germoplasma mejorado en ambientes óptimos ha tenido también un comportamiento satisfactorio en zonas marginales. El caso de Pakistán, que se presenta en la publicación *Hechos y Tendencias 1990-91* del CIMMYT, constituye un ejemplo excelente. Al parecer la variabilidad genética de la tolerancia a la sequía, el calor y la salinidad es muy reducida. Los programas de cruzas amplias podrían desempeñar una función importante en la transferencia de fuentes adecuadas, fiables y cuantificables de variabilidad genética al maíz y al trigo. Es aquí donde los RFLP y la fisiología podrían fortalecer el fitomejoramiento.

¿Y qué hay respecto a las regiones? Muchos programas nacionales todavía son débiles y necesitan la ayuda del CIMMYT a pesar de que hay personas que afirman que es contraproducente.

Para finalizar, creo que no es necesario dividir al CIMMYT en "viejo" y "nuevo". De hecho, ha evolucionado de manera constante desde su creación hace 25 años y antes de eso bajo otros nombres, y pienso que seguirá evolucionando.

Entre los asistentes, contamos con la presencia de los fundadores y pioneros del CIMMYT; deseo manifestarles nuestro agradecimiento por su visión y dedicación.

Cambios previstos en las economías mundiales de los cereales en los próximos 25 años

Richard Perkins
Director de la División de Productos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), Roma, Italia

Resumen

En este trabajo se presenta un breve esbozo de las tendencias de la economía mundial de cereales en los últimos 25 años y se proyectan los cambios que quizá ocurran en los próximos 25 años. Se estima que como resultado en primer lugar de los incrementos de la población y de los cambios en los ingresos y las preferencias, la demanda mundial de cereales crecerá entre 2 y 3% anualmente en los próximos 20 años. Este crecimiento se dará principalmente en los países en vías de desarrollo que a menudo necesitarán que se les transfieran tecnologías adecuadas. Ya existe la capacidad de producir suficientes cereales para satisfacer esa demanda, pero no sin cierto riesgo para el medio ambiente. Los rendimientos por hectárea (que son cada vez más difíciles de aumentar a causa de la disminución de opciones) seguirán siendo la fuente primaria de crecimiento en el futuro. La creciente atención otorgada a problemas como el medio ambiente, la seguridad alimentaria, la eficiencia económica y el desarrollo sustentable requiere que se empleen métodos multidisciplinarios. Lo más probable es que este tipo de investigación sea costosa y difícil; además, para que sea eficaz tiene que contar con un elemento internacional fuerte. Por otra parte, para lograr la seguridad

alimentaria, un desarrollo sustentable y un ambiente más sano será necesario modificar el comercio más liberal que seguramente surgirá en el futuro. Sin embargo, la investigación puede ayudar a incrementar las alternativas políticas y reducir la incompatibilidad de los objetivos.

En nombre del Director General de la FAO, Dr. Edouard Saouma, deseo transmitir al CIMMYT nuestras más cálidas felicitaciones en la conmemoración de su 25o Aniversario. Vuestros logros han sido una fuente de orgullo para la comunidad internacional y han dado a millones de agricultores de todo el mundo la oportunidad de elevar considerablemente sus rendimientos de trigo y de maíz y, por consiguiente, han contribuido a incrementar sus ingresos y a mejorar la seguridad alimentaria.

Usted me ha invitado a hablar hoy sobre los cambios previstos en las economías mundiales de los cereales en los próximos 25 años y trataré de profundizar en el tema. Antes de hacerlo, quisiera remontarme a la fundación del CIMMYT y a los cambios ocurridos en los últimos 25 años en la economía mundial de los cereales.

La Reseña de productos de la FAO correspondiente a 1966 constituye una lectura interesante. No puedo resistirme a la tentación de mencionar brevemente algunos de los acontecimientos generales señalados en la reseña para ese año. Los Estados Unidos de América acababan de sancionar su Ley para la Agricultura y la Alimentación de 1965, la cual tiene grandes resonancias en la legislación de 1990. Cito lo expresado en la Reseña: "[La ley] reforzó una tendencia hacia menores subvenciones a los precios y mayores pagos directos a los agricultores que restringían la producción." Otra cita: "El Consejo de Ministros de la CEE tenía dificultades en acordar una política para el futuro." La Ronda Kennedy del GATT, que había incluido los productos agrícolas en las negociaciones, resultaba "prolongada y ardua". Después de estos comentarios, comenzamos nuestro examen de la situación mundial de los cereales para ese año con el siguiente texto (resumido):

> La economía mundial de los cereales ha entrado en una nueva fase. La impresionante disminución de las reservas en los principales países exportadores entre 1960s-1961 y 1964-1965 ha reducido las existencias mundiales en la presente temporada a niveles que, con el actual volumen alto de comercio internacional y las condiciones de hambruna en varios países en desarrollo, ya no pueden ser consideradas excesivas ... La desaparición de las reservas excepcionalmente grandes vuelve a la economía de los cereales más sensible a las fuerzas ordinarias de la oferta y la demanda y hace más urgente los esfuerzos por aumentar la producción en los países en desarrollo con déficit de alimentos.

Considero que ésta es una descripción adecuada de la situación mundial de los cereales en esos momentos.

Sin embargo, no todo permanece igual y pasamos a identificar los principales cambios ocurridos en la economía mundial de los cereales. En primer lugar, los países desarrollados habían logrado revertir por completo su posición previa a la Segunda Guerra Mundial y, de importadores netos, se habían convertido en los principales proveedores mundiales de unos 25-30 millones de toneladas de grano, como consecuencia del progreso alcanzado con sus técnicas de producción, los elevados precios y subvenciones a los ingresos y el creciente empleo de la ayuda alimentaria. En segundo lugar, las economías de planificación centralizada, que habían sido exportadoras netas de cereales antes de la guerra, se habían vuelto cada vez más dependientes de las importaciones de granos y, en vista de su política de industrialización, se esperaba que continuaran siendo importadoras de granos básicos. Se preveía que la expansión de sus sectores pecuarios, basada en parte en cereales importados, sería una característica importaate en el futuro. En tercer lugar, la Reseña de productos indicó que había pruebas de que existía una brecha cada vez más grande entre la población y la producción de cereales en los países en desarrollo. Se pensaba que muchos países en desarrollo no tenían nuevas tierras que explotar ni lo necesario para lograr aumentos considerables del rendimiento y por tanto les sería difícil detener la tendencia descendente de la producción per cápita de granos y su creciente dependencia de las importaciones de cereales.

Creo que estará de acuerdo conmigo en que estos pronósticos eran bastante razonables y que en cierta medida se han cumplido. Digo "en cierta medida" porque tiene suerte aquel cuyo pronóstico es correcto aunque sea por razones que no son las aducidas. En cuadros 1 y 2, he reunido algunas de esas tendencias a más largo plazo. Se destacan varias características de los registros estadísticos. Desde mediados de los 60 hasta la actualidad, la producción mundial de cereales ha crecido un 2.3% anual, que supera el crecimiento demográfico mundial del 1.9%. En los países en desarrollo, la producción y el consumo se han incrementado casi dos veces más rápido que en los países desarrollados. El caso más notable es el de Asia (3.3% anual). Por supuesto, aun cuando han sido meritorias las tasas globales de crecimiento en los países en desarrollo, en muchos de esos países los aumentos no han sido suficientes. Se ha observado el crecimiento más rápido en el empleo de los cereales para el consumo animal, especialmente en Europa Oriental y la URSS (3.8% al año) y en los países en desarrollo (5.5% anual). Como reflejo del estado más maduro de las industrias de alimentos para los animales en Europa Occidental y América del Norte, así como de la utilización creciente de sustitutos de los cereales, ha sido lento el aumento del empleo de los cereales como alimento animal en esas regiones. El resultado neto de estas tendencias han sido cambios bastante marcados en los patrones del comercio de granos. Los más notables son los enormes incrementos de las exportaciones netas de América del Norte, la espectacular transformación de Europa Occidental que, de la principal importadora neta de cereales, se convirtió en la segunda exportadora neta más importante. Otras características claves son los crecientes déficit de Japón y la URSS y, más preocupante, de los países en desarrollo. Sus importaciones netas de cereales pasaron de 16 millones de toneladas en 1965 a 80 millones de toneladas en la actualidad. Sus importaciones brutas aumentaron de 40 a 114 millones de toneladas. Hubo un repunte

Cuadro 1. Producción, consumo y comercio de cereales, 1964-66 a 1988-90 (millones de t).

	Producción		Utilización total		Utilización total, consumo Animal		Humano		Comercio neto	
	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90	1964-66	1988-90
América del Norte	210	303	163	228	22	32	127	158	-61	-119
Europa Occidental	116	193	140	169	49	51	79	100	26	-24
Europa Oriental	53	90	57	95	21	21	29	60	6	5
Oceanía	14	22	5	8	2	2	3	4	-7	-16
URSS	140	196	133	230	49	49	49	129	4	34
Otros países desarrollados	**25**	**27**	**35**	**56**	**26**	**30**	**8**	**24**	**11**	**28**
Total de países desarrollados	**557**	**832**	**534**	**788**	**168**	**185**	**294**	**475**	**-20**	**-93**
Africa	37	63	40	81	32	68	1	4	3	18
América Lat./Caribe	58	107	53	116	31	60	15	45	-6	8
Cercano Oriente	37	65	41	99	25	56	8	27	4	30
Lejano Oriente	331	714	341	740	289	597	14	70	14	23
Total de países en desarrollo	**464**	**950**	**475**	**1,037**	**377**	**781**	**40**	**146**	**16**	**80**
Total mundial	**1,021**	**1,782**	**1,009**	**1,825**	**544**	**966**	**333**	**621**	**-5**	**-12**

Fuente: FAO Agrostat, noviembre de 1991.

Nota: El comercio neto incluye importaciones netas positivas e importaciones netas negativas. También incluye arroz con cáscara. Los totales fueron calculados a partir de números no redondeados.

Cuadro 2. Tasas de crecimiento (% anual) de rendimiento de los cereales más importantes, 1961-70, 1971-1980 y 1981-90.

	Países desarrollados			Países en desarrollo			Total mundial		
	1960s	1970s	1980s	1960s	1970s	1980s	1960s	1970s	1980s
Trigo	3.6	1.2	2.9	3.6	3.4	2.9	3.5	1.8	2.8
Arroz	1.5	-0.1	1.2	2.5	2.0	2.2	2.4	1.8	2.1
Granos gruesos	3.5	1.2	1.4	2.6	3.2	1.3	2.9	2.1	1.1
Maíz	3.4	2.3	0.6	3.0	3.1	1.6	2.6	2.6	6.5
Todos los cereales	**3.4**	**1.2**	**2.0**	**2.8**	**2.7**	**2.1**	**3.0**	**1.9**	**1.9**

Fuente: FAO Agrostat, noviembre de 1991.

Nota: Las tasas de crecimiento fueron calculadas a partir de tendencias ajustadas para incluir todos los años en cada decenio.

particularmente brusco en los 70, vinculado en parte con el auge petrolero, que fue seguido por un período de crecimiento más limitado en los 80. Todo esto demuestra la posibilidad de un considerable incremento de la demanda en los países en desarrollo cuando lo permitan sus ingresos y la situación de las divisas.

En pocas palabras, las principales características estructurales de los últimos 25 años han sido: (1) el escaso aumento de la producción y el consumo pero crecientes excedentes en América del Norte y Europa Occidental; (2) un mayor incremento de la producción y el consumo en los países en desarrollo, pero también déficit crecientes; (3) una rápida expansión del empleo de los cereales como alimento animal en Europa Oriental, la URSS y los países en desarrollo; y (4) una función cada vez mayor del comercio mundial.

¿Nos dan estas tendencias algunos indicadores para el futuro? Diría que la respuesta probablemente es afirmativa. Expondré las razones de mi opinión a medida que examinemos los principales cambios estructurales que pueden esperarse en el futuro. Antes de esto, me gustaría dedicar un momento a describir la labor que realizamos en relación con las proyecciones.

La FAO tiene una larga tradición en la realización de proyecciones sobre los productos agrícolas. Nuestro primer gran esfuerzo comenzó en 1962 y abarcó hasta el año 1970. Siguieron otras proyecciones en 1967, 1971, 1979 y 1986, y la última llega hasta el año 2000. Estas proyecciones sobre los productos no cubren la totalidad de la agricultura, pero se concentran mucho en aspectos de la oferta, la demanda y el comercio. Por supuesto, sometemos nuestras estimaciones de la oferta y la demanda a una serie de verificaciones, como las repercusiones sobre la alimentación y las restricciones de la tierra y el rendimiento, y revisamos los resultados para ver si son compatibles con los marcos políticos existentes. En estas proyecciones, se tiende a suponer precios reales constantes, si bien para la última y la actual hemos elaborado un modelo mundial de los alimentos que permite que varíen los precios. Normalmente las proyecciones han considerado de cinco a siete años futuros y se han ocupado principalmente de las consecuencias para las políticas, el comercio y la seguridad alimentaria.

El otro ejercicio de la FAO en cuanto al futuro, titulado La agricultura hacia el 2000, ya se ha realizado dos veces y por lo general considera un período más amplio, de 15 a 20 años. Nuestro próximo estudio en esta serie, el cual se completará en 1993, examinará la situación en el año 2010. Todos los "AT 2000", como llamamos a estos estudios mundiales, abarcan un conjunto más amplio de cuestiones relacionadas con los alimentos y el desarrollo agrícola. Se efectúan análisis detallados de la utilización de la tierra y los insumos y se presta gran atención a las posibilidades tecnológicas de modificar los rendimientos. A nuestro Departamento de Agricultura le corresponde aportar un componente importante en relación con el cambio tecnológico. En el modelo, el aspecto de la demanda es esencialmente el mismo que en las Proyecciones de los productos, si bien se considera un futuro más lejano. Los resultados de los AT 2000 también se

concentran más en cada país y se ocupan de la utilización de los recursos internos. No obstante, la diferencia entre los dos tipos de estudio es en esencia el marco temporal y la medida en que factores distintos de los "productos" influyen en los análisis y los resultados. En las proyecciones sobre los productos agrícolas, se puede suponer que muchos de los factores claves que intervienen en las proyecciones serán casi constantes en los próximos cinco a siete años. Los cambios fundamentales en los rendimientos, las tecnologías y las preferencias evolucionan más lentamente que este marco temporal. En contraste, en el transcurso de 20 años los cambios tecnológicos probablemente serán endógenos, el ambiente y la sostenibilidad son factores importantes y pueden ser considerables las modificaciones de las preferencias. Por ejemplo, consideremos en los últimos 25 años la sustitución de las carnes rojas por las de aves en los países más ricos y la vasta expansión en gran parte del mundo en desarrollo del consumo de trigo en detrimento de los granos gruesos. Aun en los países más pobres del mundo, se han producido modificaciones sustanciales de la dieta posteriores a la rápida urbanización. En consecuencia, al considerar los próximos 25 años no me basaré en nuestras proyecciones a mediano plazo sobre los productos sino, más bien, en las perspectivas a más largo plazo de La agricultura hacia el 2000, cuya última versión se publicó en 1987. Además de extrapolar algunas de esas tendencias, también examinaré algunos de los factores más inciertos que podrían surgir en los próximos 20 ó 25 años. Inevitablemente estas conjeturas son en gran medida especulativas y conllevan un amplio margen de incertidumbre.

Me gustaría organizar estas ideas alrededor de algunos temas, en primer lugar la perspectiva de la demanda de alimentos para el hombre y los animales. En segundo, me aventuraré en el área de particular interés para ustedes, la producción. En tercer lugar, examinaré el entorno político en que operará la agricultura y, finalmente, las cuestiones claves relacionadas con el comercio y los alimentos.

En cuanto a las tendencias a más largo plazo en la demanda, me gustaría comenzar revisando la demanda de cereales como alimento para el hombre. Esto es algo sobre lo cual son más detallados los conocimientos actuales. A largo plazo, los factores básicos determinantes del empleo de los cereales como alimento para el consumo humano son la población y los ingresos. A medida que aumentan los ingresos, en el patrón alimentario disminuye la importancia de alimentos básicos como los cereales, las raíces comestibles y los tubérculos, y se produce una diversificación en productos pecuarios y de otros tipos. Esto se ve claramente al examinar los balances de los alimentos de la FAO. Las personas de los países desarrollados consumen 1,000 calorías diarias en forma de cereales, 1,000 de productos pecuarios y 1,400 de diversos productos, en particular el azúcar y los aceites vegetales. Las personas de los países en desarrollo ingieren 1,500 calorías de los cereales pero sólo 200 de los productos pecuarios y 700 de otros cultivos. Se puede esperar un estancamiento o una declinación gradual de la ingesta per cápita de cereales en los países tanto desarrollados como en desarrollo. Sin embargo, como la población crece más en estos últimos países, donde el consumo medio de cereales es un 50% más alto,

probablemente el consumo per cápita medio mundial estará bastante cerca de los niveles actuales en la mayoría de los próximos 25 años. Como se espera que la población mundial aumente en 2.2 mil millones de personas a razón de un 1.4% anual hasta el año 2015, será fuerte el estímulo para el incremento de la demanda efectiva de cereales como alimento.

Por otra parte, existe el problema continuo y a menudo angustioso de aquellos que carecen de los medios para hacer efectiva su demanda de alimentos. La Quinta encuesta mundial de los alimentos, realizada por la FAO en 1987, encontró que entre 355 y 495 millones de personas estaban subalimentadas. Las razones son complejas, pero se relacionan principalmente con un fracaso o falta de recursos o acceso económico a los alimentos. En pocas palabras, esas personas son demasiado pobres. La cantidad extra de granos necesaria para elevar el consumo de esas personas a un nivel razonable no sería muy grande: algunas decenas de millones de toneladas al año o un aumento del 1 ó 2% anual de la producción mundial. Esto es suponiendo que el grano extra equivalga exactamente a las necesidades no satisfechas, lo cual por supuesto no es realista. En la práctica, los mecanismos para asegurar los alimentos para todos implican varias medidas diferentes: el aumento del empleo en otros sectores, la orientación adecuada de la asistencia y/o los precios bajos al consumidor. Dependiendo de la naturaleza de la interdependencia, las medidas podrían actuar ya sea para recortar o para estimular la demanda de las personas no tan pobres mediante precios más altos o más bajos. No obstante, el resultado neto de todas estas hipótesis sigue siendo que la demanda de granos o alimentos directos muy probablemente continuará expandiéndose en forma considerable.

En los cereales, ha existido una tendencia a largo plazo hacia el mayor consumo del trigo y el arroz y, en cierta medida el maíz, en detrimento de los otros granos. El trigo sigue siendo con mucho el cereal predominante en los países desarrollados y por sí solo representa dos tercios del consumo total de cereales. El arroz continúa siendo el grano más importante en los países en desarrollo, si bien el trigo ha acortado la diferencia con rapidez. Dada la gran diversidad de los usos del trigo como alimento y su conveniencia, especialmente en las zonas urbanas, se puede suponer que esa tendencia continuará. El arroz es aún el grano preferido en la mayor parte de Asia y en regiones del oeste de Africa, en Madagascar y varios países de América Latina. Probablemente seguirá así, dada la particular función culinaria del arroz para el cual existen pocos sustitutos (tal vez las pastas sean la excepción). Es interesante observar que se ha mantenido la importancia del maíz como alimento en muchos países, mientras que otros cereales se han vuelto menos importantes excepto en algunos países.

En todas partes el empleo de los cereales como alimento para los animales ha crecido con más rapidez que su empleo como alimento para el consumo humano y representa una tercera parte de su utilización mundial, proporción que sería más alta si no fuera por las decenas de millones de toneladas de sustitutos de los cereales usadas actualmente en la CEE a causa de los precios no competitivos de los granos. La utilización de los cereales

para alimentar los animales supera considerablemente su empleo como alimento para el consumo humano en los países desarrollados (en una proporción de 5 a 2), mientras que el empleo como alimento del hombre en los países en desarrollo supera la utilización como pienso en una proporción de 5 a 1, a pesar de la muy rápida expansión de esta última utilización en los últimos 25 años. Dado el actual consumo bajo de carne en los países en desarrollo y, en muchos casos, la cantidad limitada de tierras de pastoreo en ellos, los próximos 25 años verán un rápido crecimiento de la demanda de alimentos concentrados en los países en desarrollo, si bien muchos de ellos continuarán buscando fuentes locales alternativas más baratas para alimentar los animales. En los países desarrollados, es probable que dos factores importantes influyan en la demanda de cereales para pienso. En primer lugar, las políticas están cambiando o probablemente cambien en Europa, lo cual podría llevar a aumentos considerables de la eficiencia en la URSS y Europa Oriental, frenando así el rápido crecimiento del empleo de los cereales como pienso en estos países. Por otra parte, los avances hacia la liberalización del comercio podrían restablecer la posición competitiva de los cereales en la CEE, estimulando así su empleo en el tercer mercado más grande del mundo para los granos forrajeros, si bien este efecto puede ser modificado por la reducción de la protección a los productos pecuarios. En segundo lugar, el consumo de carne ya es elevado y probablemente ya se ha producido gran parte de la intensificación de la producción. También es muy posible que el creciente movimiento vegetariano en los países más ricos comience a reducir la demanda de carne y/o provoque una reversión a los métodos más tradicionales de cría de animales, en detrimento de la explotación agropecuaria en gran escala. La preocupación por el ambiente y los sustitutos de la carne pueden impulsar más este movimiento. Es difícil comprender estos factores pero, considerándolos todos, creo que podemos dar por sentado que continuará expandiéndose en el futuro el empleo de los cereales como alimento para el consumo animal.

Por supuesto, el maíz sigue siendo con mucho el principal cereal con que se alimenta a los animales y en los últimos 25 años ha mantenido su porcentaje del 45% de la utilización mundial de los cereales como pienso. La cebada ha conservado el segundo lugar (20%) y el trigo ha crecido en importancia, mientras que ha disminuido ese uso de la avena. En el caso del trigo, el aumento obedece a dos factores. En primer lugar, algunos trigos modernos de alto rendimiento han resultado menos adecuados para elaborar el pan de tipo europeo. En segundo lugar, el precio del trigo ha sido muy competitivo, incluso más barato que el maíz, en los mercados de importación. El principal efecto de los subsidios a las exportaciones ha recaído en el trigo y, por lo tanto, en los últimos años este cereal ha estado a disposición de los importadores a precios realmente muy bajos.

En consecuencia, nos parece que la demanda mundial de cereales, estimulada principalmente por el crecimiento demográfico pero influida por los cambios de las preferencias y los ingresos, continuará aumentando en un 2 ó 3% anual en los dos próximos decenios. Esto plantea para los científicos, los encargados de las políticas y los

agricultores el desa-fío de incrementar la producción aproximadamente según la misma tasa (más rápido en los países en desarrollo y con más lentitud en los desarrollados). En un momento consideraré asuntos vinculados con las políticas, pero quisiera hacer unos comentarios sobre los aspectos tecnológicos.

En primer lugar, como es escasa la tierra, es importante la productividad de ésta medida según el rendimiento. Aunque esto suene a perogrullada, diré que un economista normalmente se concentra en la productividad bruta de todos los factores que intervienen en la producción y no en sólo uno de ellos. De hecho, en muchas partes del mundo donde el agua constituye el factor limitante, se evalúa el rendimiento de los cereales por unidad de agua utilizada. Ahora bien, la cantidad de tierra dedicada a los cereales no se ha expandido en forma significativa en los tres últimos decenios. En los 60 y los 70 se elevó en un porcentaje de sólo el 0.6% anual y en los 80 en realidad disminuyó, principalmente a causa de las tierras retiradas de la producción en varios países desarrollados debido a los programas gubernamentales que fomentan la reducción del cultivo y a la influencia de los precios más bajos. Sin embargo, aun en los países en desarrollo la tasa de incremento de la superficie cultivada ha bajado del 1.2% anual en los 60 a 0.4% anual en los 70 y los 80. Si bien todos sabemos que todavía hay extensiones que podrían ser explotadas, esas extensiones son algo limitadas. También son reducidas las posibilidades de incrementar el cultivo doble e irrigar zonas nuevas.

Por consiguiente, los rendimientos por hectárea serán la fuente de crecimiento en el futuro, como lo fueron en los últimos decenios. No obstante, como nos advierten un informe tras otro, los aumentos del rendimiento se vuelven más difíciles de alcanzar a medida que se agotan las opciones más fáciles. Algunas estadísticas generales ilustran este punto. En los 60, los rendimientos mundiales de los cereales se elevaron en un 3% al año, mientras que en los70 y los 80 ese porcentaje ha disminuido a menos del 2%. Probablemente la declinación hubiera sido más marcada si no fuera por el abandono del cultivo de decenas de millones de hectáreas de escasa productividad en América del Norte desde mediados de los 80. De hecho, en los países en desarrollo donde el CIMMYT ha hecho su mayor contribución, el crecimiento del rendimiento ha caído del 2.8% anual en los 60 y los 70 al 2% en el último decenio. Los aumentos de los rendimientos en los países en desarrollo se han reducido en el trigo, el arroz, el maíz y otros granos gruesos, lo cual destaca los desafíos que afronta el CIMMYT.

En segundo lugar, continuará creciendo la importancia de los problemas ambientales, que requerirán algunos análisis en extremo complejos. Gran parte de nuestro progreso científico se ha logrado aislando un problema por vez y "resolviéndolo" a menudo con resultados brillantes, pero con frecuencia este método genera nuevos problemas. Si bien se han llevado a cabo trabajos sobre sistemas completos—por ejemplo, la investigación del CIMMYT sobre los sistemas de producción de maíz en el este de Africa—pienso que podemos decir que este trabajo (1) es mucho más difícil que el análisis parcial y (2) aún no da los resultados esperados. Ciertamente, la revolución en el campo de la información

ha facilitado mucho la comprensión de los sistemas complejos, pero una cosa es comprender y otra hacer algo con respecto al problema. La agricultura sustentable exigirá efectuar investigaciones sobre los suelos, el manejo integrado de las plagas, la energía rural, la utilización del agua, la biodiversidad y las relaciones socioeconómicas. Y aun cuando se complete la investigación, será preciso considerar cuidadosamente las preferencias sociales, la equidad, la paridad intergeneracional, etc.

En tercer lugar, la cuestión de la eficiencia económica continuará ocupando un lugar destacado. El crecimiento de la producción comercial, la mayor integración de los agricultores en los sistemas de mercado y la creciente presión en favor de sistemas económicos orientados a los mercados implicarán que mantener bajos los costos para los agricultores tendrá una importancia cada vez mayor. La alternativa para contrarrestar los aumentos de los costos es proporcionar subsidios y todos sabemos que los contribuyentes o los donantes se resisten a los subsidios gubernamentales. Esta es una formidable consideración más que deben tener en cuenta los investigadores, y quizás sea pedirles demasiado. Después de todo, una técnica nueva puede ser no económica en una situación dada, pero útil en otra parte o en otro momento.

¿Cuáles son entonces las perspectivas de la producción de cereales? Bien, después de haber sido algo pesimista, pienso que es mejor decir que la mayoría de nuestros estudios a mediano plazo indican que existe la capacidad de producir cereales para satisfacer un aumento de la demanda del 2 ó 3% anual, si bien con cierto riesgo para el ambiente. Otros estudios han examinado esas tasas de crecimiento y han llegado a conclusiones algo similares. En el caso de los países en desarrollo, nuestro propio estudio, AT 2000, indicó que la producción de cereales se incrementaría en alrededor del 2.6% anual. El Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) obtuvo una cifra del 2.9%, y el Consejo Internacional del Trigo, del 2.4%. El Banco Mundial ha proyectado el crecimiento en los países en desarrollo hasta el año 2005 según una tasa del 2 al 2.4%. Las proyecciones de la producción mundial de cereales por lo general son más bajas que esas cifras, principalmente porque se piensa que la producción en los países desarrollados tenderá a ser restringida por la exigencia de crecer más lentamente de lo que permitiría su capacidad de producción. Sin embargo, no tengo dudas de que no pueden disminuir los esfuerzos por producir más alimentos, especialmente en los países en desarrollo, y de acortar la diferencia entre los rendimientos de los agricultores y los obtenidos en las estaciones experimentales. Esta necesidad podría ser acentuada por algunos de los acontecimientos políticos en el futuro, los cuales paso ahora a examinar.

La evolución de la política internacional en los últimos años ha sido particularmente rápida y trascendente. Los cambios en Europa Oriental y la URSS se cuentan entre los más notables, pero, para la economía mundial de los cereales, probablemente sean asimismo importantes el movimiento general hacia una mayor orientación a los mercados en las políticas de los países en desarrollo y los enormes esfuerzos por reformar la agricultura en la Ronda Uruguay de las Negociaciones Multilaterales sobre el Comercio.

Es probable que los efectos de los cambios en la estructura política y económica total de los países del este de Europa y la URSS tarden muchos años en completarse. El establecimiento de instituciones, los problemas de la propiedad de la tierra y los métodos de manejo son cuestiones que requerirán tal vez muchos años para evolucionar. Por supuesto, no es seguro que esos países adopten un sistema similar, digamos, al de Europa Occidental. No obstante, podemos decir que es probable que esos países se basen mucho más en la propiedad privada y en los precios flexibles para compensar los mercados, y menos en la planificación y la compensación de las cantidades, procesos que suelen ser lentos e inflexibles. La mayor sustentación en la compensación de los precios y el vínculo más estrecho con los mercados mundiales con el tiempo harán que los patrones de la producción y el consumo se asemejen más a los de Europa Occidental. Esto apunta a un menor consumo de granos (especialmente en el sector de los alimentos para consumo animal, que es notoriamente ineficiente en esos países) y a cierto aumento de la productividad agrícola que, por consiguiente, darán como resultado una situación de los cereales más equilibrada que la actual. Sin embargo, el clima seguirá siendo una fuente de considerables fluctuaciones en las cosechas, por lo menos en la URSS.

Aún se está efectuando la Ronda Uruguay y nadie puede estar seguro de que tendrá éxito. Ciertamente, si la Ronda Uruguay no logra incluir la agricultura en la tendencia general de las actividades económicas, podrían producirse varios años de agresivos conflictos comerciales, subsidios a las exportaciones y protección continua de la agricultura. No obstante, aun si fracasa la Ronda Uruguay, lo cual todos lamentaríamos, parece existir una fuerte corriente a favor de la reducción de la protección agrícola. De hecho, muchos países avanzan en forma unilateral hacia una agricultura menos protegida: Nueva Zelandia, Australia y Suecia son ejemplos recientes. En segundo lugar, existe un movimiento intelectual contra el empleo de políticas generales como las de precios para lograr todos los objetivos. Está en boga la orientación a un objetivo específico, no sólo en el consumo sino también en la producción, por ejemplo mediante el desacoplamiento de las subvenciones a los ingresos. En tercer lugar, se reconocen cada vez más los costos del proteccionismo, en particular lo que se llama las pérdidas brutas pero también los costos de presupuesto y los costos para los consumidores y la industria originados por los precios más altos de los alimentos. Supongamos entonces que en los próximos 20 años el comercio agrícola mundial se volverá más abierto, habrá menos protección y será menos frecuente recurrir a los subsidios a las exportaciones. ¿Qué implicaría esto para la economía mundial de los cereales? Se han hecho muchos estudios sobre este tema y, a pesar de que no todos concuerdan, hay ciertos puntos sobre los cuales casi se ha llegado a un consenso. Si la reducción de la protección es grande y se concentra en los países industrializados, se puede esperar que en varios de esos países se contraerá la producción mientras que se estimulará la demanda en aquellos países donde actualmente son elevados los precios al productor y al consumidor. Como resultado, se expandirá el comercio mundial y los precios internacionales serán más altos y posiblemente más estables que en el presente.

Esta situación podría beneficiar a los países productores más eficientes, cuyas exportaciones se elevarían y cuyos ingresos rurales se incrementarían. No obstante, simultáneamente serían afectados los países importadores netos de alimentos, cuyos gastos en importaciones crecerían. Para los más pobres, esta situación sería penosa ya que, obviamente, deben comprar alimentos. En consecuencia, las implicaciones del libre comercio mundial podrían ser difíciles para los países pobres y apremiados por el pago de sus deudas externas. Si obtienen suficientes aumentos en otros sectores, es posible que pudieran pagar sus mayores gastos en alimentos; pero, si el primer cargo en sus mayores ganancias por exportaciones es la amortización de la deuda, entonces sufrirán las personas más pobres de esos países. Otra consecuencia de un comercio mundial más libre sería la menor función de los gobiernos en la posesión de existencias. La mayor parte de los excedentes acumulados en el pasado han sido el resultado de la intervención gubernamental mediante la compra para sostener los precios agrícolas. Esos excedentes, no requeridos por el mercado, cumplieron la función de amortiguador o malla de seguridad contra las disminuciones de la producción. Es entonces evidente que será necesaria cierta función residual de la posesión estatal de existencias, preferiblemente dentro de un marco internacional, si se desea proporcionar una estabilidad razonable al suministro de alimentos. En realidad, yo diría que, en un movimiento hacia un mercado mundial más libre, tendrán que elaborarse políticas para proteger la seguridad alimentaria básica. Por ejemplo, en los países en desarrollo el avance hacia un vínculo más estrecho de sus sectores cerealeros con los mercados mundiales probablemente sería incompatible con una adhesión firme a la autosuficiencia alimentaria, que siempre ha sido uno de los objetivos básicos de la mayoría de los países en desarrollo y que sin duda ha contribuido a impulsar los grandes esfuerzos realizados (y en algunos casos el éxito logrado) en los últimos 30 años para aumentar la producción de alimentos. Aquí no me refiero simplemente a si se permitirán los llamados "intereses no comerciales" en el acuerdo de la Ronda Uruguay, sino a la cuestión más amplia de cuán estrechamente las políticas alimentarias básicas se vincularán con el movimiento general hacia la orientación a los mercados en los países en desarrollo.

Tampoco esta cuestión básica se refiere sólo a la política de seguridad alimentaria; existe un problema similar en las políticas de desarrollo sustentable y de conservación del ambiente. ¿En qué medida el movimiento hacia una política económica orientada a los mercados interferirá en la creación de políticas adecuadas para fomentar el desarrollo sostenible y mejorar el ambiente? Como economistas, estamos acostumbrados a examinar las economías o deseconomías externas y los bienes públicos en el contexto nacional, pero se necesitará mucho más para establecer un marco político internacional. Supongo que se logrará un progreso en esta área y que tendrá repercusiones en la producción de alimentos básicos. La búsqueda de la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y un ambiente más propicio puede exigir modificaciones de un régimen de comercio más liberalizado. Las investigaciones pueden desempeñar una función importante al ampliar nuestras opciones políticas y tal vez reducir los conflictos entre los objetivos. Los avances que, sin

elevar los costos, mejoren el ambiente y tengan un efecto favorable para la equidad, contribuirán a obviar la necesidad de introducir reglamentaciones y gravámenes especiales que protejen el ambiente pero pueden obstaculizar el comercio.

Este último comentario me lleva a las perspectivas a largo plazo del comercio. Las demandas en continuo aumento de los cereales, la variable capacidad de la producción de responder a las demandas, un sistema de comercio más liberalizado y las crecientes expectativas en cuanto al medio ambiente, la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable, implican que el comercio continuará siendo una preocupación fundamental para quienes formulan las políticas. Nuestra opinión sigue siendo que es probable que los países desarrollados sean proveedores netos del mercado mundial, aunque, si la Ronda Uruguay tiene éxito, el crecimiento de las exportaciones por los productores a altos costos en las regiones desarrolladas disminuirá o se revertirá y los productores a bajos costos expandirán sus ventas. A ellos se unirán varios países en desarrollo que son exportadores de alimentos. Sin embargo, es probable que la mayoría de los países en desarrollo continúen importando granos, no sólo para satisfacer las necesidades de alimentos básicos de sus poblaciones sino también para responder a la creciente demanda de productos pecuarios y, por lo tanto, de alimentos para los animales. Es probable que los anteriormente países de planificación centralizada logren un mejor balance en sus sectores cerealeros. Globalmente, el comercio de granos continuará incrementándose en los próximos dos decenios, pero quizás con un ritmo ligeramente más lento que en el pasado. Naturalmente, estas tendencias podrían modificarse si surgiera alguna amenaza amplia a la producción de alimentos, como los efectos del calentamiento del globo, si bien en la actualidad no se espera que se produzca un efecto de ese tipo en este período.

Para terminar, me gustaría agrupar todas estas cuestiones y sacar algunas conclusiones sobre lo que a ustedes les interesa. En primer lugar, la investigación agrícola internacional continuará siendo un componente vital en la lucha para alcanzar el desarrollo sustentable, especialmente por la función desempeñada por centros como el CIMMYT en apoyo de los numerosos institutos nacionales de investigación pequeños y vulnerables. En segundo lugar, es probable que se incremente considerablemente la demanda de granos en los próximos 25 años, como alimento tanto del hombre como de los animales. La mayor parte del crecimiento se producirá en los países en desarrollo, que necesitarán la transferencia de tecnología adecuada como la proporcionada por el CIMMYT. Por último, se hace cada vez más hincapié en problemas tales como el ambiente, la seguridad alimentaria, la eficiencia económica y el desarrollo sustentable, que requieren en gran medida sistemas multidisciplinarios con conocimientos muy avanzados. Es probable que esa investigación sea costosa y difícil y, para tener éxito, necesita un fuerte componente internacional en el cual el CIMMYT puede y debe desempeñar su importante función.

En nombre del Director General de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, deseo felicitar al CIMMYT por sus numerosos logros significativos en sus primeros 25 años y desearle un futuro fructífero y prolongado.

RESPUESTAS

SERGIO CHÁZARO LOAIZA
DIRECTOR DE PROGRAMAS DE DESARROLLO
DE NACIONAL FINANCIERA (NAFINSA),
MÉXICO

El tema que trata el Sr. Perkins en su ponencia es por demás relevante, especialmente ahora que nos encontramos en vísperas del siglo XXI y en una década en la que estamos siendo testigos de cambios profundos en las sociedades del mundo, particularmente en las denominadas del "bloque socialista". Existe una tendencia a sustituir el concepto de la ventaja comparativa por el de ventaja competitiva en que la posición de las naciones ya no se basa solamente en la dotación de recursos naturales sino en el desarrollo tecnológico, la informática y la calidad de los recursos humanos. La formación de bloques económicos parece ser una tendencia irreversible. En este contexto se ubican las llamadas naciones desarrolladas y las naciones menos desarrolladas.

Dentro de los análisis sectoriales, la economía cerealícola continúa teniendo un peso específico a nivel mundial. Muchos son los estudios y análisis que sobre el tema se han realizado. Las proyecciones del comercio cerealícola se basan generalmente en dos aspectos:

- La proyección de la disponibilidad para la exportación, o sea, el residuo entre la producción doméstica y el consumo interno, y

- La proyección de la demanda de las exportaciones, basada en ciertos supuestos sobre políticas, producción y demanda en países importadores y exportadores.

El primero es el aspecto más frecuentemente utilizado por la FAO, aunque en la ponencia que nos ocupa se aprecia que se empieza a utilizar también el segundo.

El Sr. Perkins nos presenta en apretada síntesis lo que ha ocurrido en los últimos 25 años con la situación mundial de los cereales. Quizá convenga destacar que aunque hubo bajas impresionantes en los inventarios de los cereales entre 1960-61 y 1964-65 (alrededor de 150 millones de toneladas métricas), éstos bajaron aún más en el período 1973-74 durante la crisis energética. Posteriormente, se recuperaron a niveles de alrededor de los 220 millones de toneladas métricas en el período 1982-85 (Paulino 1988). El comportamiento de los precios mostró una ligera correlación en este período pues alcanzaron altos niveles; sin embargo, la tendencia ha sido a la baja durante los últimos años, como se ilustra en el cuadro 1.

Quisiera ahora pasar a comentar los cuatro temas en que el Sr. Perkins centra su ponencia, la cual se basa en Agriculture towards 2000. Como lo menciona atinadamente, las conjeturas son "en gran medida especulativas, pues existe un alto grado de incertidumbre respecto a ellas".

Sobre el tema de la demanda de alimentos, tanto para el uso directo como para el consumo animal, es innegable que un aumento acelerado en el ingreso disponible de los países en desarrollo traerá como consecuencia un rápido crecimiento en las importaciones netas de cereales. Los escenarios contemplados en el modelo utilizado así lo consideran. Menciona el Sr. Perkins que si los muy pobres tuvieran acceso a los cereales, el "volumen adicional requerido para que esta gente alcanzara niveles razonables de consumo no sería más de unas decenas de millones de toneladas por año, es decir, 1 ó 2% más de producción global". Sería aconsejable mencionar que si se mejoraran las tecnologías de poscosecha y de comercialización en general, los ahorros que con ellas se obtendrían compensarían en parte la necesidad de aumentar la producción.

Los comentarios se podrían alargar por la diversidad de temas que se consideran: entre ellos, cambios en el entorno político, problemas de equidad, seguridad alimentaria y medio ambiente. Centraré mis comentarios en el segundo punto que el Sr. Perkins aborda: la producción. Una rápida mirada a las tasas de crecimiento del sector primario nos sirven de referencia al cuadro 2 de esta ponencia. Citaré a Paulino (1988): "En el período 1961-80, alrededor del 90% del crecimiento de la producción en los países desarrollados se deben al incremento en rendimientos unitarios y sólo el 10% a los aumentos en superficie; en contraste, en los países en desarrollo esa proporción fue de 65 a 35%, respectivamente.

Cuadro 1. Indice de precios mundiales de cereales, 1961-1985 (1977-79 = 100).

Año	Indice de precios[a]	Año	Indice de precios[a]	Año	Indice de precios[a]	Año	Indice de precios[a]
1961	128	1966	156	1975	148	1982	88
1962	143	1968	153	1976	119	1983	98
1963	143	1970	126	1977	101	1984	95 [b]
1964	138	1971	112	1978	103	1985	85 [b]
1965	135	1972	109	1979	97		
1966	144	1973	187	1980	107		
1967	150	1974	216	1981	119		

[a] Calculado en precios en dólares constantes, incluye arroz, trigo, maíz y sorgo.

[b] Datos preliminares.

Fuente: Mellor y Raisuddin (1988).

Sin embargo, los países en desarrollo mostraron un incremento en rendimiento del 50% en el período 1961-70 y del 70% en 1971-80. Se espera que esta evolución continúe". Reynolds (1986) destaca el crecimiento de la producción agrícola en cinco países que aparecen a cuadro 2.

¿Cómo se pueden caracterizar estos países con alto comportamiento? Vernon Ruttan en sus comentarios dice: excepto por Corea, todos los países que han alcanzado altas tasas de crecimiento durante dos o tres períodos, se caracterizan por un patrón extensivo de desarrollo agrícola basado en una alta expansión de la superficie cultivada. Tailandia y Malasia, durante el último período, cambiaron un desarrollo extenso por uno intenso basado en variedades de alto rendimiento y el uso intenso de insumos.

Las estadísticas que sobre la productividad nos presenta el Sr. Perkins son alarmantes y, como acertadamente nos dice, presentan un reto para el CIMMYT y para los países en desarrollo. La investigación continúa siendo un componente vital, así como la transferencia de tecnología. Los países en desarrollo tendrán que poner más atención en sus políticas de educación, investigación y extensión, si bien éstas no son las únicas variables que explican el desarrollo del sector agrícola. La apropiación de recursos - escasos por cierto- para estos fines es prioritaria. La cooperación internacional que se da a través del Grupo Consultivo sobre la Investigación Agrícola Internacional y de la cual el CIMMYT recibe apoyo, es un ejemplo que se debe multiplicar. Según las cifras de 1983, el presupuesto de apoyo a 13 centros internacionales de investigación fue del orden de 176 millones de dólares. Desconozco cuál sea el monto para 1990, pero supongo—y sería lo deseable—que ha aumentado considerablemente.

Finalmente, quisiera felicitar al Sr. Perkins por su excelente trabajo y a los Directivos del CIMMYT con motivo de su 25o Aniversario.

Cuadro 2. Tasas de crecimiento anual (%) de la producción agrícola en cinco países: 1952/54-1979/81.

	1952/54-1959/61	195/61-1969/71	1969/71-1979/81	1952/54-1979/81
Corea del Sur	5.4	3.2	4.2	4.4
Tailandia	4.5	5.1	5.1	4.8
Malasia	3.0	5.6	4.8	4.4
México	5.0	4.5	3.5	4.1
Venezuela	4.5	5.3	3.8	4.4

Fuente: Reynolds (1986).

Referencias

Mellor, J.W. y Raisuddin, Ahmed (eds.) 1988. Agricultural Price Policy for Developing Countries. The Johns Hopkins University Press. Baltimore y Londres.

Paulino, L.A. 1988. En: Agricultural Price Policy for Developing Countries, J.W. Mellor y A. Raisuddin (eds.). The Johns Hopkins University Press. Baltimore y Londres.

Reynolds, L.G. 1986. Economic Growth in the Third World, 1850-1980. Yale University Press. New Haven, CT.

Michael L. Morris
Economista del CIMMYT

Gracias por su excelente y concisa exposición sobre los acontecimientos proyectados en la economía mundial de los cereales a mediano y largo plazo. La mayoría de las personas no aprecian la ingente labor realizada por la FAO en cuanto a la recopilación y análisis de estadísticas de producción a nivel mundial.

El CIMMYT depende en gran medida de las estadísticas de la FAO para seguir los acontecimientos producidos en la economía mundial de los cereales, sobre todo las economías del trigo y del maíz. El CIMMYT emplea las estadísticas a macronivel principalmente de dos maneras:

- Para informar a los investigadores y los encargados de formular las políticas acerca de las tendencias de la economía mundial de los cereales (publicadas en la serie Hechos y tendencias mundiales).

- Para informar a los planificadores de la investigación del CIMMYT.

Me gustaría ampliar un poco el análisis presentado por el Dr. Perkins respecto a los siguientes puntos:

- Referencia específica a la demanda proyectada de maíz y trigo (los cultivos más importantes para el CIMMYT) en los países menos desarrollados.

- Explicación detallada de lo que esto significa para el CIMMYT.

Como señaló el Dr. Perkins, los últimos 25 años se han caracterizado por un importante crecimiento de la producción y del consumo de cereales en los países menos

desarrollados, aunque el segundo ha crecido con mayor rapidez que la primera, lo cual ha dado por resultado una mayor dependencia de las importaciones. Estos hechos describen con exactitud lo que ha sucedido en las economías del maíz y el trigo a nivel mundial. Me gustaría agregar que en la actualidad el nivel de importaciones de trigo en los países menos desarrollados es mucho más elevado que el nivel de las importaciones de maíz, aunque éstas últimas se están emparejando con suma rapidez.

Si bien no se puede predecir el futuro sin cierto riesgo, en el CIMMYT tratamos periódicamente de proyectar el crecimiento de la demanda de maíz y trigo en los países menos desarrollados como parte de nuestra planificación estratégica normal. El objetivo consiste en prever los cambios que se producirán en los patrones globales de producción y consumo, en especial en los países menos desarrollados, lo cual puede ayudarnos a decidir cómo distribuir mejor nuestros limitados recursos de manera que nuestras actividades de investigación produzcan el máximo beneficio a largo plazo.

Según los datos más recientes sobre el crecimiento estimado de la población y el ingreso y empleando supuestos conservadores sobre las elasticidades-ingreso de la demanda en el caso de estos dos cereales, hemos proyectado que el crecimiento de la demanda de maíz y trigo en los países menos desarrollados será un poco mayor que la cifra total acumulada de 2-3% anual que mencionó el Dr. Perkins.

De manera específica, estimamos que la demanda de trigo en los países menos desarrollados crecerá a un índice de alrededor de 3-3.5% anual. La mayor parte del crecimiento en la demanda de trigo se concentrará en Asia, donde se espera un elevado crecimiento de la población y del ingreso. Por el contrario, el crecimiento de la demanda de trigo se detendrá en América Latina y disminuirá en Africa, en gran medida como resultado de las reformas de las políticas encaminadas a reducir el consumo de trigo.

Estimamos que la demanda de maíz en los países menos desarrollados aumentará a un índice de alrededor del 4-4.5% anual. Las fuentes del crecimiento de la demanda de maíz variarán de una región a otra. En Asia, el crecimiento del ingreso generará un rápido incremento en la demanda de maíz para la alimentación animal, en tanto que en Africa el crecimiento de la población producirá un rápido crecimiento de la demanda de maíz para la alimentación humana. América Latina se encontrará en una posición intermedia, pero habrá un crecimiento sostenido importante en la demanda de maíz para alimentación humana en América Central.

Estas proyecciones de la distribución geográfica del futuro crecimiento de la demanda, así como del tipo de demanda (alimentación humana o alimentación animal), afectan la asignación de recursos de investigación dentro del CIMMYT. Por ejemplo, las cifras proyectadas de la demanda que acabo de citar, más nuestro conocimiento de dónde viven las personas más pobres, nos dan ciertas pautas sobre dónde deben concentrarse nuestras

actividades futuras de investigación. Es importante que el CIMMYT dirija su atención a satisfacer la futura demanda de trigo en Asia (en especial en el Sur de Asia) y la demanda proyectada de maíz para alimentación humana del Africa al Sur del Sahara y de América Latina (sobre todo de América Central).

Además, las cifras de la demanda proyectada nos indican el tipo de investigación que se requerirá en los diferentes ambientes de producción. En los países donde la expansión de la superficie sembrada con maíz y trigo se ha detenido, los aumentos futuros de la producción se derivarán sobre todo de mayores rendimientos y la mayor intensidad del cultivo. El CIMMYT y los programas nacionales con los que colaboramos tendrán que crear tecnologías que hagan posible obtener y mantener rendimientos más altos y una mayor intensidad de cultivo sin la aplicación cada vez mayor de insumos adquiridos y sin provocar la degradación a largo plazo del ambiente.

En los países donde todavía es posible extender la superficie sembrada con maíz y trigo, la expansión tendrá lugar en ambientes marginales donde antes no se cultivaban estos cereales. En este caso, el CIMMYT y los programas nacionales con los que colaboramos deben crear variedades adaptadas a una gama más amplia de condiciones agroclimáticas, así como prácticas de manejo apropiadas desde el punto de vista económico que permitan mitigar o superar los factores adversos presentes en los ambientes marginales sin dañar ecosistemas que son a menudo sumamente frágiles.

Para concluir, desearía agradecer una vez más al Dr. Perkins sus acertadas observaciones sobre los cambios esperados en la economía de los cereales a nivel mundial y subrayar la utilidad de las estadísticas producidas por la FAO. Los organismos dedicados a la investigación como el CIMMYT hacen un amplio uso de estas estadísticas para rastrear las tendencias pasadas de producción y consumo, así como para anticipar los acontecimientos que se producirán en la economía de los cereales a nivel mundial. Las proyecciones de la oferta y la demanda que se realizan sobre la base de las estadísticas de la FAO se consideran una valiosa herramienta para la toma de decisiones que ayuda a los administradores a canalizar el flujo cada vez más limitado de recursos hacia sus usos más productivos.

Observaciones finales

Donald L. Winkelmann
Director General, CIMMYT

Agradecería que me concedieran unos cuantos minutos para resumir los temas que se trataron hoy y para hacer algunas observaciones sobre el futuro del CIMMYT.

Como lo mencionó Sir Ralph Riley esta mañana, un aniversario nos presenta una buena oportunidad para mirar hacia el futuro y también hacia el pasado. Me gustaría mirar en primer lugar hacia el pasado a fin de subrayar una vez más algunos de los comentarios que escucharon esta mañana sobre temas que se refieren al pasado del CIMMYT y que se tratan con mayor detalle en nuestra nueva publicación, "Diseños perdurables para el cambio".

Medida desde cualquier punto de vista, la institución ha alcanzado éxitos espectaculares. El 80% del trigo cultivado en los países en desarrollo, con excepción de China, procede de materiales relacionados con la labor del CIMMYT, lo cual constituye un logro formidable. Asimismo, una porción cada vez mayor del maíz que se cultiva en los países en desarrollo se relaciona con nuestra labor. Cerca de 4,000 personas han participado en nuestros programas de capacitación, y los egresados de dichos cursos, que en la actualidad forman una red mundial de investigadores agrícolas, han llevado de vuelta a sus respectivos países los principios que sirven de base a la labor del CIMMYT: pragmatismo, imparcialidad, trabajo en el campo con las plantas y atención minuciosa a las necesidades de los agricultores. Hacemos un esfuerzo concertado para transmitir estas actitudes a las personas que vienen al Centro a participar en nuestros cursos.

Varios de los arquitectos de estos logros, que estuvieron aquí cuando se fundó el CIMMYT, se encuentran hoy con

nosotros: Norman Borlaug, Elmer Johnson, Bob Osler, Ed Wellhauses y Frank Zillinsky. Estas personas dieron a la institución su primer impulso y basados en su visión avanzamos hacia el futuro.

Me gustaría decir algunas palabras sobre las presentaciones que se hicieron esta mañana, tan sólo a manera de revisión y reconocimiento. Un mensaje que se hizo evidente, comenzando esta mañana con los comentarios del Subsecretario Enríquez Rubio, es el efecto que tiene el cambio. Somos testigos de cambios en la política del mundo, de cambios en la economía y de cambios en la ciencia. Nuestra publicación "Diseños perdurables para el cambio" se inicia con una observación de Heráclito que dice que "Nada permanece sino el cambio".

Otro tema recurrente en todo lo que escuchamos hoy es la interacción que existe entre la productividad por un lado y la protección del medio ambiente por el otro. Al aceptar el compromiso de proteger el ambiente al mismo tiempo que incrementamos la productividad agrícola, debemos depender de actividades basadas más que nunca en los conocimientos, tanto de la ciencia como del campo. En tercer lugar, los temas que conforman el programa de hoy, ciencia, medio ambiente y mercados, se encuentran entre los factores externos más importantes que dan forma y dirigen la labor del CIMMYT.

Jock Anderson nos ayudó a comprender la relación que existe entre las oportunidades para las personas de bajos recursos en los países en desarrollo y la investigación agrícola y reivindicó nuestra creencia en la función fundamental que tiene la investigación agrícola. Asimismo, mencionó cuatro aspectos de vital interés: 1) la necesidad de mejorar el entorno de la toma de decisiones; 2) la necesidad de mejorar las aptitudes administrativas de los encargados de la investigación y el cambio tecnológico; 3) la necesidad de mejorar el acceso a la tecnología mediante la introducción de nuevos elementos, tales como las universidades, el sector privado y las organizaciones no gubernamentales, y 4) la necesidad de considerar la conservación a largo plazo de los recursos naturales.

Alvaro Umaña hizo un recuento de los cambios producidos en las actitudes que influyen en la agricultura y la investigación agrícola y se refirió al nuevo interés en la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. En especial, habló del creciente uso de la tierra por parte de quienes talan los bosques para obtener nuevas tierras cultivables; se refirió a la erosión del suelo, al empleo de productos químicos y a la urgente necesidad de contar con un método integral para lograr la armonía entre la agricultura y la ecología. El Dr. Umaña hizo hincapié en la importancia de conservar el potencial productivo actual de la agricultura y en la urgente necesidad de proteger lo que denominó nuestro "patrimonio global". Yuxtapuso en forma muy acertada los aspectos relativos a la productividad y a la protección, idea que amplió la Dra. Renée Lafitte en su respuesta.

Sabemos que gran parte del agotamiento de los recursos naturales derivado de la agricultura en los países en desarrollo es consecuencia directa de la pobreza. Por ende, en la medida en que el CIMMYT y otras instituciones de investigación agrícola sean capaces de disminuir la pobreza, podremos reducir su efecto sobre el ambiente. La India constituye un ejemplo de cómo los cambios en la productividad pueden favorecer al ambiente. Si la India tuviera que satisfacer las necesidades de trigo de su población actual con los rendimientos que tenía en los años 60, tendría que dedicar otros 50 millones de hectáreas a la producción de trigo, cifra que representa más del doble de la tierra cultivable de México. Si no hubiera sido por los incrementos en el rendimiento del trigo alcanzados a mediados de los años 60, habría habido una presión absolutamente devastadora sobre los frágiles ambientes de la India.

Y ahora pasaremos a algunas de las observaciones hechas por Sir Ralph Riley. ¿Cómo realizar mejor nuestra misión? ¿Cómo realizarla más rápidamente? ¿Cuál sería la manera menos costosa? Señaló varias posibilidades. Subrayó con gran acierto nuestro trabajo fitotécnico; nos habló de las posibles funciones que puede desempeñar la clasificación de los RFLP y nos alentó a invertir, observar e interesarnos más en los avances efectuados en ese ámbito. Mencionó también otras técnicas que podemos incluir en nuestra labor y especuló un poco sobre nuestra participación en las transformaciones del maíz. Hizo hincapié en la importancia de nuestra función como usuarios de técnicas científicas avanzadas y no como creadores de éstas, y por supuesto, aquí en el CIMMYT estamos en total acuerdo con esa opinión.

Una observación de especial importancia que se deriva de la presentación de Sir Ralph, es que es virtualmente imposible predecir la evolución de la ciencia. De lo que sí estamos seguros es que el ritmo de dicha evolución se está acelerando y la conclusión que debemos sacar es, en mi opinión, que debemos ser sensibles a dichos cambios, debemos mantenernos al tanto de ellos, tenemos que ser competentes para evaluarlos y tenemos que ser capaces de darles cabida dentro de nuestra organización.

Richard Perkins nos ayudó a comprender mejor la función que desempeñan el maíz y el trigo en los países en desarrollo. Asimismo, mencionó las consecuencias que el incremento de la producción puede tener en el medio ambiente y la necesidad de aumentar el rendimiento y la productividad en las tierras ya cultivadas. Me parecieron muy sutiles sus comentarios en cuanto al papel que puede desempeñar la investigación en aumentar las opciones políticas y en la reducción de los conflictos entre objetivos. Considero que ésta es también una de las cuestiones que se derivan de la presentación de la Dra. Lafitte, quien habló, si me permiten un momento de autocomplacencia, de sustituir productos químicos con cromosomas. ¿Qué se obtendría con ello? Por una parte, rendimientos mayores y más estables, que aumentarían la productividad, y, por otra, menor peligro para el ambiente. Me parece que este punto desempeñará un papel de vital importancia en cómo realizaremos nuestra labor en el futuro. Cromosomas en vez de productos químicos, sin duda una forma de reducir los conflictos entre objetivos.

Podemos hacer, sin temor a equivocarnos, ciertos comentarios sobre el futuro. Desafortunadamente, la población seguirá creciendo, y seguirá existiendo la pobreza. Seremos testigos de un interés y preocupación constantes por el ambiente. El desarrollo será importante, la agricultura adquirirá una importancia crítica y la investigación pasará a ser un factor fundamental.

El CIMMYT tendrá muchísimas cosas que hacer en el futuro. Entre los aspectos a los que prestaremos mayor atención, a fin de reducir los conflictos entre objetivos, cabe mencionar una mayor estabilidad de la producción y la resistencia de planta huésped. También daremos más atención a la manera en que los cultivos afectan los recursos naturales. En el pasado, gran parte de las actividades relacionadas con la investigación agrícola tenían por objeto ver cómo los recursos naturales afectaban a las plantas y se hacía hincapié en las posibles formas de reducir la influencia ejercida por los recursos naturales. En el futuro se tratará de restablecer el equilibrio y se concederá mayor importancia a los recursos naturales y a la reducción de los efectos negativos que en ellos tiene la producción de cultivos y de ganado.

Y, ¿qué ocurrirá con la investigación agrícola internacional y su contexto en el futuro? Es casi seguro que aumentará la importancia del sector privado en los países en desarrollo. Las actitudes están cambiando y los efectos se dejarán sentir en los próximos dos decenios, en los que el sector privado desempeñará una función mucho más importante en la agricultura de los países en desarrollo. Este hecho puede significar nuevas funciones para el CIMMYT; por ejemplo, si en los próximos veinte años los híbridos de trigo se vuelven posibles desde el punto de vista comercial, no tenemos más que pensar en el efecto que ésto tendría sobre la orientación de nuestras actividades de investigación, en el enorme incremento de las variedades del sector privado que estarían a disposición de nuestros beneficiarios, y pensemos también en las consecuencias que eso tendría para nuestra labor.

Asimismo, las organizaciones no gubernamentales tendrán una función mucho más importante en los países en desarrollo; estoy convencido de que incrementará la presión sobre las instituciones de investigación agrícola del sector público para que realicen su misión en forma oportuna y eficiente. Presenciaremos, usando nuestra propia jerga, como cambian los patrones de la oferta de los productos que producimos.

Veremos también la continuación de una combinación de altruismo e interés propio en las comunidades donadoras. Surgirá el reconocimiento crítico de que sólo instituciones financiadas por el sector público, como la nuestra, podrán llevar a cabo determinados tipos de investigación; por ejemplo, la investigación financiada por el sector público desempeñará una función vital en los problemas relacionados con la productividad y el medio ambiente.

La tarea que nos espera es para intimidar a cualquiera. Los principios fundamentales del CIMMYT —tener conciencia de las necesidades de los beneficiarios, participar directamente en el trabajo de campo y ser imparciales en el trato con los beneficiarios— nos han sido de gran utilidad en el pasado y sin duda seguirán siendo una fuente de éxito en el futuro. De la misma manera, el conocimiento de los fundamentos científicos que guían nuestras prácticas será más importante que nunca.

Sobre este punto, permítanme volver por un minuto a uno de los temas que Sir Ralph mencionó en relación con el "problema de dos culturas" al comparar la ciencia nueva con la ciencia fitogenética probada. Considero que el pragmatismo, que motivó la labor del CIMMYT durante los últimos 25 años, así como el trabajo de su predecesor en los 20 años anteriores, es garantía suficiente de que mantendremos una mezcla armoniosa de ciencia nueva y ciencia probada. Nuestro lema es "si funciona, lo utilizaremos", que es sin duda lo que vemos en las relaciones actuales que existen entre nuestro laboratorio de biología molecular aplicada y nuestros fitomejoradores.

En los próximos años, veremos como surgen nuevas formas y normas para llevar a cabo nuestra labor y, en especial, es casi seguro que la interacción entre los cambios producidos en la ciencia y los cambios efectuados en nuestra sociedad abrirán nuevos caminos y crearán nuevas estructuras para nuestro trabajo. Con todo, nuestra visión seguirá siendo la misma. Seguiremos subrayando la importancia de dar nuevas opciones a las personas de bajos recursos, aunque al hacerlo trataremos de aprovechar las nuevas oportunidades que se nos ofrezcan. Regresando a Heráclito: nada permanece sino el cambio. Estamos preparados para el cambio y abiertos a las oportunidades.

Les doy las gracias por su atención. Hemos escuchado muchos y diversos temas de labios de distinguidos oradores, que nos han dado un amplio panorama de la agricultura y su relación con el desarrollo. Quiero agradecer en forma especial a Jock Anderson, quien hizo un esfuerzo supremo al volar durante todo un día para llegar aquí desde Tailanda. También deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Alvaro Umaña, quien hizo un alto en su viaje a Londres para estar aquí con nosotros. Y a todos ustedes, les doy las gracias por ayudarnos a comprender mejor los elementos que conformarán nuestras actividades en los próximos decenios.

DATOS DE LOS PONENTES Y COMENTARISTAS

JOCK R. ANDERSON (AUSTRALIA)
Departamento de Desarrollo Agrícola y Rural del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial)

El Dr. Anderson en este momento goza de una licencia de su cargo como Profesor en Economía Agrícola y Administración de Empresas en la Universidad de Nueva Inglaterra en Armidale, New South Wales, Australia. Sus principales áreas de interés profesional incluyen el análisis de riesgos, análisis de respuesta aplicada y análisis de políticas de investigación agrícola. Ocupó el cargo de Subdirector y Economista Investigador Principal de la Oficina Australiana de Economía Agrícola, dirigió el estudio de impactos efectuado por el CGIAR en 1984 y ha colaborado extensamente con los centros internacionales de investigación agrícola y con la FAO, IFAD y el Banco Mundial.

DEREK BYERLEE (AUSTRALIA)
Director del Programa de Economía del CIMMYT

El Dr. Byerlee obtuvo su doctorado en economía en la Universidad de Oregon en 1971. En su experiencia académica figuran becas de investigación en la Universidad de Nueva Inglaterra, Australia, y en Njala University College, Sierra Leone, así como el cargo de Profesor Asociado en economía agrícola en la Universidad Estatal de Michigan. Antes de asumir el cargo de Director del Programa de Economía, el Dr. Byerlee estaba asignado al programa bilateral del CIMMYT en Pakistán, donde colaboró estrechamente con los colegas de ese programa nacional para fortalecer la capacidad de éste para realizar investigación en el campo de las ciencias sociales, en especial mediante investigación basada en los sistemas de cultivos. Sus intereses principales radican en la investigación adaptativa en fincas y la investigación sobre las políticas agrarias y los aspectos económicos de la misma.

Sergio Cházaro Loaiza (México)
Director de Programas de Desarrollo de Nacional Financiera (NAFINSA)

El Dr. Cházaro obtuvo su doctorado en Economía Agrícola y Administración en la Universidad de Purdue y después fue Profesor e Investigador y Jefe del Departamento y de la Maestría en Administración de Empresas Agropecuarias en el Instituto Tecnológico de Monterrey desde 1968 hasta 1975. Desde 1975 ha prestado sus servicios en distintas dependencias del Gobierno Mexicano. Ha sido coordinador en la Comisión Coordinadora del Sector Agropecuario de la Secretaría de Presidencia, y en la Secretaría de Comercio, de acciones dirigidas a formular políticas sobre los precios de garantía y los sistemas de comercialización. De 1979 a 1980, actuó como Gerente y Coordinador de Acciones Agropecuarias dependiente de la Dirección General de CONASUPO. De 1981 a 1983, el Dr. Cházaro actuó como Representante General de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraúlicos en el Estado de Veracruz, y al año siguiente como Director de Mercados Agropecuarios de la Asesoría de la Presidencia de la República. Después fue durante cuatro años Subdirector Técnico y de Evaluación del Fondo para el Desarrollo Comercial del Banco de México, antes de asumir su presente cargo.

Ernesto Enriquez Rubio (México)
Subsecretario de Agricultura de México

El Lic. Enriquez Rubio obtuvo los títulos de licenciado en leyes y en administración de empresas en 1967, el primero en la Escuela Libre de Derecho y el segundo en el Instituto Tecnológico Autonómo de México (ITAM). Posteriormente hizo estudios de postgrado en relaciones internacionales en la Universidad de las Américas, México, D.F., en gobierno en American University, Washington, D.C., y en finanzas públicas en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde entonces ha ocupado altos cargos políticos y en el Gobierno Federal. Entre ellos figuran el de Director Ejecutivo del Banco Mexicano Somex, Subdirector General de Recursos Materiales en Ferrocarriles Nacionales de México y Subsecretario de Ganadería en la SARH.

Luis Herrera-Estrella (México)
Jefe del Departamento de Biología Molecular del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional de México

El Dr. Herrera-Estrella cursó sus estudios de doctorado y postdoctorado en ingeniería fitogenética en la Rijksuniversiteit, Gante, Bélgica (1986). En el laboratorio que tiene a su cargo se utilizan las herramientas de la biología molecular en la creación de genotipos de maíz, tomate, frijol, chile y tabaco que tengan resistencia a las principales enfermedades y plagas de insectos. Asimismo, colabora con el laboratorio de Genética Molecular Aplicada del CIMMYT en dos proyectos, uno para relacionar las sondas RFLP con los segmentos genómicos asociados a la tolerancia a la sequía en el maíz y el otro para seleccionar cepas de Bacillus thuringiensis que sean tóxicas para los barrenadores tropicales del maíz. La labor realizada por el Dr. Herrera-Estrella ha sido reconocida por el otorgamiento de premios de la Academia de Ciencias de Nueva York, la UNESCO y la Academia Mexicana de Investigación Científica.

Renée Lafitte (EUA)

Coordinadora Interina del Subprograma de Agronomía y Fisiología del Programa de Maíz del CIMMYT

Los antecedentes académicos de la Dra. Lafitte incluyen un doctorado en fitofisiología de la Universidad de California, así como el grado de maestría en agronomía y la licenciatura en ciencias botánicas. En la actualidad, es responsable de colaborar con los mejoradores en la generación de maíz con tolerancia a los factores abióticos adversos, tales como la sequía y los suelos deficientes en nitrógeno, presentes en los ambientes de producción en los países en desarrollo. Entre 1987 y 1991, dirigió los cursos en servicio que se impartieron en la sede del CIMMYT con el objeto de ayudar a los investigadores de los países en desarrollo a efectuar investigación en fincas y aplicar técnicas que permitan identificar los limitantes que enfrentan los agricultores y formular recomendaciones respecto al manejo de cultivos.

Burton Matthews (Canadá)

Profesor del Departamento de Geografía de la Facultad de Estudios del Ambiente, Universidad de Waterloo, Canadá

Actual Presidente de Consejo Directivo del CIMMYT, el Dr. Matthews se doctoró en química de suelos (áreas de concentración secundaria: geología y química física) en la Universidad de Cornell (1952). Ha impartido cursos en pedología, geografía y disciplinas afines en varias universidades importantes en Ontario, y fungió como Vicecanciller y Presidente de las Universidades de Guelph y de Waterloo. Además, ha sido director de varias asociaciones nacionales y provinciales de educación superior. En el sector privado ha ocupado los cargos de director en la Campbell Soup Company, la Mutual Life Insurance Company de Canadá y John Wiley & Sons, una casa editorial.

Michael Morris (EUA)

Economista del Programa de Economía del CIMMYT

El Dr. Morris, que fue voluntario del Cuerpo de Paz asignado a Sierra Leona, recibió el título de doctor en economía agrícola en la Universidad Estatal de Michigan en 1986, especializándose en el desarrollo agrícola, las políticas alimentarias y campos relacionados. Sus aportaciones a la labor del CIMMYT se han centrado en los análisis del sector productos y de las políticas que afectan el maíz y el trigo, incluido un estudio extenso del sector de maíz en Paraguay, trabajo que realizó en colaboración con el programa nacional de ese país, así como un estudio de la ventaja comparativa de la producción de trigo en Zimbabwe. Por otra parte, ha coordinado la investigación sobre las principales tendencias y políticas en las economías del maíz y del trigo, cuyos resultados se han incluido en la serie Hechos y tendencias que el CIMMYT publica. En este último año, ha ayudado a crear y analizar un estudio de los impactos de la investigación de maíz que el CIMMYT ha efectuado en los países en vías de desarrollo, y en el presente, participa en la evaluación de los beneficios producidos por la investigación fitotécnica en Nepal.

Richard Perkins (Reino Unido)
Director de la División de Productos y Comercio de la Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO)

De 1958 a 1971, el Sr. Perkins fue profesor e investigador de la facultad de economía en la Universidad de Manchester, y de agricultura en la Universidad de Newcastle-upon-Tyne. Asimismo, ha sido asesor en economía agrícola en varios organismos internacionales y empresas privadas. En 1971, asumió el cargo de Econometrista Principal de la División de Productos y Comercio de la FAO y como tal fue responsable de la proyección de los productos agrícolas y de los análisis del sector internacional de productos y comercio. Desde 1978, el Sr. Perkins ha ocupado el puesto de Jefe del Servicio de Políticas de Productos y Proyecciones, Subdirector de la División de Productos y Comercio de la FAO y, comenzando en 1989, Director de la misma.

Sanjaya Rajaram (India)
Jefe del Subprograma de Mejoramiento de Germoplasma del Programa de Trigo del CIMMYT

El Dr. Rajaram ha continuado la labor comenzada por el Dr. Norman Borlaug, quien recibió el Premio Nobel de la Paz, en la generación de germoplasma de trigo con adaptación amplia, y alto potencial de rendimiento para entregar a los programas nacionales de los países en desarrollo. Sus esfuerzos han sido coronados con un gran éxito, pues entre otras cosas, han producido la familia de trigo denominada Veery, cuyos derivados se siembran en más de cinco millones de hectáreas en el mundo en desarrollo. El impacto de sus investigaciones fue formalmente reconocido, ya que como resultado de ellas se le otorgó al CIMMYT el Premio Rey Balduino a la Investigación Agrícola Internacional en 1988. El Dr. Rajaram se doctoró en fitogenética en el año 1968 en la Universidad de Sydney en Australia.

Sir Ralph Riley (Reino Unido)
Universidad de Cambridge

Sir Ralph es citogenetista y mejorador de trigo y fue Director del Instituto de Fitogenética en Cambridge, RU, así como del Servicio de Investigación Agrícola de ese país. Ha sido consejero de Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI) y actualmente forma parte del Consejo Directivo del Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Aridas (ICARDA). Entre los numerosos honores que ha recibido figuran el ser aceptado como miembro de la Academia del Reino Unido (Royal Academy), Asociado Extranjero de la Academia de Ciencias de Estados Unidos, Miembro Extranjero de la Academia Nacional de Ciencias de la India y miembro de la Academia de Agricultura de Francia. Recibió el Premio a la Agricultura Internacional de la Fundación Wolf en 1986, y fue Presidente de la Revisión Externa de los Programas del CIMMYT efectuada en 1988 por el Comité Asesor Técnico (TAC) del CGIAR.

Leopoldo Solís (México)
Director General del Instituto de Investigación Económica y Social "Lucas Alamán"

El Lic. Solís cursó la carrera de licenciado en economía en la Universidad Nacional Autónoma de México y posteriormente obtuvo el grado de maestría en la Universidad de Yale con la especialidad en Modelos de Economía Agregada. Fungió como economista de la Oficina Técnica de la Dirección del Banco de México, después como Supervisor de Análisis Económico del Departamento de Estudios Económicos, y durante los años 1964 a 1970 fue Jefe del Departamento de Estudios Económicos del banco central del país. En 1970 fue nombrado Director de la Dirección General Coordinadora de Programación Económica y Social de la Secretaría de la Presidencia, en donde permaneció hasta 1975, cuando fue nombrado Profesor Visitante de la Woodrow Wilson School of Public and International Affairs de la Universidad de Princeton. De 1976 a 1985, ocupó el cargo de Subdirector General del Banco de México. En 1971 fue nombrado miembro del Comité de Planificación del Desarrollo, que es órgano de consulta del Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas. El Lic. Solís fue también Coordinador del Comité de Asesores Económicos de la Presidencia de la República y desde 1976 es miembro de El Colegio Nacional y miembro de número de la Academia Mexicana de la Lengua.

Alvaro Umaña (Costa Rica)
Vicepresidente del Centro de Estudios Ambientales

Además del título de doctor en ingeniería ambiental de la Universidad de Stanford (1979), el Dr. Umaña obtuvo títulos en economía, control de contaminación ambiental y en física, y recibió el grado de doctor en leyes honoris causa del Williams College. Actuó como Ministro de Recursos Naturales, Energía y Minas de Costa Rica de 1986 a 1990, y en la actualidad es Presidente de la Fundación Arias para la Paz y el Progreso Humano y profesor asociado en el Institute Centroamericano de Administración, miembro del Consejo Ejecutivo de la UNESCO, asesor del Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza y la Vida Silvestre, consejero del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y asesor en política y planeamiento energético para PNUD, OLADE y la Asamblea Legislativa de su país.

Guy Vallaeys (Francia)
Antiguo Asesor al Director General del Centro de Cooperación Internacional en la Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD)

Después de completar sus estudios universitarios en agricultura tropical en 1948, el Dr. Vallaeys fungió como jefe del mejoramiento del café y el cacao en un centro de investigación en Zaire y después trabajó durante más de 20 años en el Instituto de Investigación Agrícola Tropical y de Cultivos Básicos (IRAT) en Francia, donde primero fue Subdirector de los Programas de Investigación, luego Director de los mismos y después Director General del Instituto. Desde su jubilación en 1983, ha sido asesor del Departamento de Investigación Científica del Ministerio de Relaciones Exteriores, del Departamento de Investigación Conjunta del Ministerio de Investigación y Tecnología y del Centro de Cooperación Internacional en la Investigación Agrícola para el Desarrollo

(CIRAD). Por otra parte, ha participado también en los comités científicos y técnicos de la Universidad de París, en la Asociación de Africa Occidental para el Desarrollo del Arroz y en el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM), así como en los consejos directivos de varios centros internacionales de investigación agrícola, entre los cuales se cuenta el CIMMYT.

DONALD L. WINKELMANN (EUA)
Director General del CIMMYT

El Dr. Winkelmann es un economista y profesor experimentado cuya carrera en la investigación y la docencia se desarrolló en la Universidad de Minnesota, la Universidad Estatal de Iowa y el Colegio de Postgraduados de Chapingo en México. Realizó sus estudios de doctorado en economía en la Universidad de Minnesota, es fundador del Programa de Economía del CIMMYT y fungió como su Director de 1978 a 1985. En esa capacidad fue responsable de la formulación y diseminación de la metodología de la investigación en fincas y ayudó a definir la función de los economistas en la investigación basada en los productos. Fue nombrado Director General del CIMMYT en 1985.