

Brasil: Aplicación de las técnicas nucleares a la agricultura

por P. Willstätter-Greig*

Cooperación técnica es una expresión ampliamente utilizada en el sistema de las Naciones Unidas. Con ella se pueden designar, y así se ha hecho, ideas diversas: desde la simple transferencia de expertos o equipo (lo que antiguamente se llamaba "asistencia técnica") hasta una auténtica asociación y, asistencia mutua entre todas las partes colaborantes. Este último tipo de colaboración en pie de igualdad, que plantea exigencias mucho mayores, es el objetivo perseguido en América Latina.

En muchos sentidos, América Latina es una región de contrastes: contrastes políticos, geográficos, económicos, climáticos, sociales y tecnológicos. Algunos de los países disponen de infraestructuras tecnológicas bien desarrolladas y han alcanzado niveles de desarrollo económico, social y científico comparativamente elevados. Por ejemplo, la Argentina, el Brasil y México llevan camino de convertirse en Estados plenamente industrializados. El grado de desarrollo de los restantes es muy diversos: los hay que pertenecen todavía al grupo de los "menos desarrollados", pero la mayoría ocupa una posición más o menos central en la escala de grados de desarrollo. Los países de este grupo intermedio probablemente no alcanzarán el ritmo de desarrollo de los que marchan en cabeza hasta dentro de mucho tiempo.

El desarrollo tecnológico se corresponde bastante regularmente con los logros obtenidos en la esfera nuclear: allí donde la industria y la tecnología se han desarrollado ampliamente, las bases de la tecnología nuclear del país se encuentran en la misma situación. No es, por lo tanto, sorprendente que, dentro de América Latina, existan programas nucleares bastante avanzados de diversos tipos —incluyendo la producción nucleoelectrica a escala comercial— en la Argentina, el Brasil y México. La central nucleoelectrica Angra I del Brasil, por ejemplo, produce ya electricidad a escala comercial. En estos tres países se encuentran bastante adelantados los trabajos de construcción de otras centrales nucleoelectricas. Es en estos países en desarrollo más punteros donde con mayor evidencia la cooperación técnica posee el sentido de autoasistencia y colaboración. Esto se verá con mayor claridad en la siguiente descripción de un proyecto recientemente emprendido en el Brasil.

*Jefe de la Sección de América Latina de la División de Programas de Asistencia y Cooperación Técnicas del Organismo. El material empleado para escribir el presente artículo está vinculado a proyectos ejecutados bajo la dirección del Sr. P. Vose, Director de proyecto, Proyecto PNUD/OIEA, Centro de Energía Nuclear na Agricultura, Piracicaba (Brasil).

Expertos bajo un mismo techo

Hace aproximadamente diez años, el Gobierno del Brasil solicitó ayuda del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para el Centro de Energía Nuclear na Agricultura (CENA), con objeto de fomentar la aplicación de las técnicas nucleares a la agricultura. El Gobierno del Brasil reconoció la utilidad potencial de un centro en el que las instalaciones y los expertos se hallarían "bajo un solo techo", pero antes de que se crease el CENA no existía ni una sola institución nacional especializada en estas aplicaciones.

Aunque en aquel momento el país disponía de numerosos científicos bien preparados y los métodos nucleares se utilizaban en cierta medida, los expertos y las instalaciones estaban dispersos por todo el país. Para coordinar estas actividades se creó, en Piracicaba, el CENA con carácter de organismo afiliado a la Universidad de São Paulo. Al entablar contacto con el PNUD, el Gobierno se proponía recibir ayuda en forma de equipos de laboratorio, de los que tenía necesidad, así como de asesoramiento prestado por expertos internacionales acerca de sectores especializados vinculados a los problemas de producción agropecuaria del momento. El proyecto solicitado inicialmente, que se aprobó en 1972, contenía disposiciones relativas a expertos internacionales, equipo y capacitación de personal del país mediante becas y visitas científicas. Por su parte, el Gobierno convino en facilitar para el proyecto los edificios, los terrenos, el equipo y la parte del personal que le correspondía. Aunque la conclusión del proyecto estaba inicialmente prevista para 1978, se siguió recibiendo asistencia del PNUD, mediante la creación de una segunda fase, hasta 1981. A partir de 1979 se recibió también asistencia suplementaria con cargo al Programa Ordinario del Organismo, y todavía hoy se recibe cierta ayuda. En el Cuadro siguiente se ofrece un desglose de los gastos correspondientes a dicho proyecto.

De estas cifras se desprende que la contribución del Gobierno del Brasil*, aun descontando cerca de 10 000 meses-hombre de trabajo efectuado por personal del país, excedía con mucho de la aportación internacional. En este caso, pues, la cooperación internacional constituía una aportación suplementaria a un programa esencialmente nacional. La dirección del proyecto se

* Especialmente por conducto de la Comisión Nacional de Energía Nuclear de Brasil (CNEN), mediante un acuerdo entre ésta y la Universidad de São Paulo.

Gastos del proyecto CENA de 1972 a 1981

Fuente de los fondos	Equipo (\$ EE.UU.)	Expertos	Capacitación	Gastos locales			Total (\$ EE.UU.)
				Personal titulado	Personal auxiliar	Edificios y terrenos (\$ EE.UU.)	
PNUD	804 999	216,3	207,8	—	—	—	2 010 878
OIEA	42 637	17	10*	—	—	—	143 734
Gobierno	1 514 700	—	—	4533	5013	1 277 400	2 792 100**
Total	2 362 336	233,3	217,8	4533	5013	1 277 400	4 946 712**

Las aportaciones correspondientes a expertos, capacitación, y personal titulado y auxiliar locales se expresan en meses-hombre.

* Valor estimado

** Sin contar los gastos correspondientes a la aportación de personal brasileño al proyecto.

llevó a cabo conjuntamente por el Director del CENA y el Director de proyecto internacional, este último en calidad de asesor y como oficial de enlace entre el Gobierno y el Organismo. Los programas de investigación para los que se requerían los servicios de expertos internacionales fueron confeccionados y puestos en práctica, en gran medida, por personal del país. Así pues, este enfoque nacional a la hora de aplicar la tecnología nuclear ha servido para acentuar la independencia científica del CENA y, al mismo tiempo, para mantener centrada la investigación en problemas agropecuarios prácticos.

Investigación autosuficiente

El proyecto, además de cumplir su objetivo original, consistente en crear un centro que recoja todas las aplicaciones nucleares en agricultura, ha alcanzado un alto grado de autosuficiencia. Su personal no solo está plenamente capacitado para aplicar las técnicas nucleares existentes, sino también para poner a punto otras nuevas e integrarlas en programas útiles y prácticos. Por ejemplo, se ha trabajado provechosamente en la exploración de recursos hídricos en la región del Amazonas; en el mejoramiento genético de cultivos de alimentos básicos (por ejemplo, frijoles, arroz y trigo); en la conservación de alimentos: en la utilización y la eficacia de fertilizantes; en nutrición vegetal y animal; y en parasitología animal. Se describen a continuación determinadas actividades que ejemplifican las líneas de investigación principales.

Fertilizantes y fertilidad de los suelos: Se han efectuado considerables progresos en los estudios sobre las sustancias orgánicas del suelo, y se están realizando investigaciones sobre los efectos de la vinaza (residuos líquidos procedentes de la refinación del azúcar) en la microflora del suelo. Se han utilizado fertilizantes marcados para averiguar qué prácticas de ordenación resultan óptimas desde el punto de vista del aprovechamiento de los fertilizantes. Progresan los trabajos de medición sobre fijación del nitrógeno efectuadas con ^{15}N , tanto en culti-

vos leguminosos como en otros cultivos. Se han concluido estudios de laboratorio para determinar qué contenidos de cinc y de manganeso en el suelo son asimilables por las plantas del género *Phaseolus* (frijoles), y se han desarrollado métodos analíticos para determinar los valores totales de Zn y Mg.

Microbiología de suelos: Gracias a que se pudo aumentar el espacio del laboratorio destinado a microbiología de suelos, se dispone hoy de instalaciones adecuadas para efectuar transferencias de cultivos y preparación de medios. En ciertos estudios sobre las plantas del género *Phaseolus* se descubrió que el pico de actividad nitrogenásica durante el desarrollo de la planta aparece antes de que se alcancen los valores máximos de absorción de nitratos como se deduce de la actividad de las reductasas. Mediante otros trabajos, se vio que la turba radioesterilizada es la que más puede impulsar el crecimiento de los cultivos de *Rhizobium* (bacterias importantes para la fijación del nitrógeno). En 1979 se celebró un cursillo práctico internacional sobre fijación asociativa de N_2 , cuyas actas han sido publicadas.

Bioquímica vegetal: En este terreno, los trabajos se han centrado en investigaciones sobre las proteínas y en el cultivo de tejidos vegetales. Se han efectuado análisis de contenido proteínico y de aminoácidos en las semillas de diversas plantas del género *Phaseolus*. Por lo que respecta al arroz, prosigue la labor de determinación de fracciones proteínicas características de las semillas y niveles proteínicos en diferentes variedades cultivables. Los trabajos sobre cultivos de tejidos se han centrado en la obtención de pequeños ejemplares de caña de azúcar a partir de tejido regenerado, y existe ya en la actualidad un método establecido. Se persevera en el cultivo de embriones de *Phaseolus*, y los resultados obtenidos recientemente son prometedores; sin duda, estos trabajos harán posible la utilización de una amplia gama de hibridaciones con *Phaseolus* que normalmente no producirían plantas aprovechables. En octubre de 1980 se celebró un curso internacional sobre cultivo de tejidos vegetales para mejorar los cultivos tropicales.

Entomología: Los estudios sobre entomología han versado sobre las plagas de insectos en el grano almacenado, el empleo de radiaciones para la desinfestación de cereales, y la ecología de la mosca mediterránea de la fruta (moscamed). También se investigó la especie *Diatraea saccharalis* una plaga de la caña de azúcar; según estos estudios, una aplicación mínima de insecticidas durante el período crítico podría producir aumentos de rendimiento de aproximadamente un 10%, lo que constituye un resultado importante.

Fitotecnica y fitogenética: Se han realizado experimentos de mutación inducida en trigo, arroz, sorgo, caña de azúcar y *Phaseolus*, en todos los casos con la finalidad de obtener variedades de mayor rendimiento. Las investigaciones sobre el trigo han estado encaminadas a determinar el fundamento genético del escaso crecimiento de los tallos y de la resistencia de éstos al tizón, así como a obtener mutantes de rápida maduración. Las investigaciones sobre el arroz se han centrado en la determinación de variedades de secano con tolerancia a la toxicidad del aluminio, y en la eficacia de la azida sódica como agente mutagénico, en comparación con los rayos gamma. Se está tratando de obtener variedades de caña de azúcar y de *Phaseolus* resistentes a los virus mosaico. En septiembre de 1980 se celebró un curso nacional sobre mutaciones en fitotecnica.

Zootecnica: El primer logro que se consiguió fue la creación de laboratorios bien equipados y establos. Se están llevando adelante estudios destinados a la obtención de una vacuna radioatenuada contra los nematodos del ganado vacuno, y se están realizando pruebas con animales. Por lo que respecta a la nutrición animal, las investigaciones han abordado los efectos del fósforo alimentario en el ganado lanar y vacuno. En breve se iniciará un proyecto sobre la utilización de los productos residuales de la caña de azúcar en la alimentación animal. En general, los trabajos realizados por el CENA en este terreno durante los últimos años se han caracterizado por una excelente cooperación con el Instituto de Zootécnica de Nova Odessa.

Microscopía electrónica: Prosiguen los estudios sobre un microorganismo bacteriófago del *Xanthomonas campestris* (de efectos patógenos en el tomate): se han reconstruido las fases principales de su ciclo de vida. Han terminado los estudios sobre la acción de la viramida en el virus NPV, que ataca al gusano de seda, y las investigaciones se centran actualmente en los efectos de un herbicida, el glifosfato, sobre las variedades de caña de azúcar.

Grupo de instrumentación: Esta dependencia viene estudiando las relaciones existentes entre el crecimiento anular de los troncos y el clima, y se han determinado, mediante técnicas de rayos gamma, los valores de flujo del agua a través de la madera. Para el estudio del crecimiento anular se ha creado un sistema automático de exploración con almacenamiento y análisis de datos mediante ordenador.

Física de suelos: Los temas principalmente estudiados son el transporte de nitrógeno y su transformación en el suelo, incluyendo la dinámica de los compuestos nitrogenados y sus relaciones con el movimiento de las aguas. Se han estudiado estos temas, juntamente con el

de la eficacia en el empleo del agua, en relación con los frijoles, el maíz y la caña de azúcar.

Hidrología/ecología: La hidrología de la cuenca del Amazonas es objeto de atención en todo el mundo, en razón de las posibles consecuencias ecológicas de su deforestación. El CENA colabora con el Instituto Nacional de Pesquisa Amazônica (INPA), de Manaus, en investigaciones relativas al agua, del dióxido de carbono y los ciclos del nitrógeno, y se espera que ese trabajo arroje resultados importantes. Estudios recientes indican que las precipitaciones de la región se reciclan en una gran proporción (48%). Esto significa que la tala masiva de árboles podría incidir notablemente en el microclima. Además, se están realizando estudios sobre la contaminación fluvial, especialmente referidos al río Piracicaba, con el fin de obtener métodos de control mediante el empleo de mezclas de suelos y vermiculita.

Química analítica: El laboratorio analítico se ha convertido en el centro de convergencia de numerosos programas, tanto para el CENA como para sus colaboradores. En el laboratorio se llevan a cabo anualmente miles de análisis de plantas, suelos y muestras de agua para diversos programas de investigación. Se ha conseguido un alto grado de pericia en los estudios de inyección de flujo, especialidad en la que el CENA se considera actualmente una autoridad mundial. Durante la primera fase del proyecto, el laboratorio recibió considerable ayuda del Organismo danés de desarrollo internacional.

¿Un modelo para otros centros?

Durante los últimos diez años, el CENA, que era un instituto nacional de investigaciones pequeño y bastante pobremente equipado, se ha convertido en uno de los principales centros internacionales de investigaciones agropecuarias, en el que se llevan a cabo una gran variedad de trabajos de investigación avanzados e importantes. Teniendo en cuenta la corta vida de esta institución, ello constituye un logro notable. Del nivel alcanzado por sus expertos da idea el hecho de que los más veteranos de ellos intervienen en la actualidad como expertos en proyectos internacionales. En su calidad de instituto especializado de la Universidad de San Pablo (São Paulo), el CENA desempeña también un importante papel docente tanto en los estudios de licenciatura como en niveles superiores. Por lo general, pasan de 40 los estudiantes inscritos en los distintos niveles de su curso para no licenciados, de tres años de duración, y más de 50 personas asisten al curso para posgraduados "La energía nuclear en la agricultura", de dos años de duración. Asimismo, realizan estudios avanzados en el CENA becarios procedentes de otros países de la región. Así pues, a todos los efectos prácticos, el CENA ha llegado a ser autosuficiente. En el conjunto de los países en desarrollo, esto constituye un logro notable y nada común. Si bien es cierto que la aportación del Gobierno a su creación era considerablemente superior al apoyo recibido de entidades internacionales, éstas últimas desempeñaron un papel crucial para que se pudiese conseguir un ritmo de desarrollo tan rápido.

Por ejemplo, fue posible soslayar algunas normas nacionales sobre desembolso de moneda extranjera, con lo que se pudo obtener equipo y servicios de exper-

tos internacionales de manera más expeditiva de lo que en otro caso habría sido posible. A esto se debe en gran parte el que se siga prestando asistencia al CENA en pequeña escala con cargo al Programa Ordinario del Organismo.

Desde el primer momento, las actividades del CENA han estado marcadas por la colaboración con otras instituciones. Durante los 14 años de existencia del centro, se ha establecido contacto con más de 40 instituciones del Brasil y del extranjero, y con muchas de ellas se han realizado intercambios importantes. Se mantiene un contacto constante, por ejemplo, con el INPA de Manaus, el IDESP*, de Belém, Planalçúcar**, diversas empresas EMBRAPA***, la CATI****, el Instituto Agronómico de Campinas y de Londrina, el Instituto de Zootécnica de Nueva Odesa y el CIAT***** de Colombia.

En el plano internacional, y además de los diversos contactos y acuerdos sobre investigación concertados con el Organismo, el CENA presta acogida frecuentemente a diversas reuniones y cursillos de carácter regional e interregional. Además de esto, algunos de los

cursos de capacitación para becarios que se imparten en el CENA se han concertado mediante acuerdos bilaterales con otros países.

Trabajando por la consecución de los objetivos fijados inicialmente, los dirigentes del CENA han sido conscientes de la necesidad de un desarrollo coordinado a la hora de constituir los diversos grupos y laboratorios. Las peticiones de asistencia del CENA evidencian este enfoque con claridad, haciendo, por ejemplo, que los cometidos que han de cumplir los expertos vayan especializándose de manera gradual y vinculándose a investigaciones concretas o aspectos especiales de éstas. Se consideró igualmente esencial la colaboración con otras instituciones, que ahora caracteriza muchas de las actividades del CENA, para que la labor del centro estuviese aplicada a programas concretos, para que se redujese al mínimo la duplicación de los trabajos y para conseguir acelerar el ritmo de investigación sobre diversos problemas. Es a estos factores, considerados en su conjunto, a los que se debe el éxito alcanzado hasta ahora por el proyecto.

Aunque, en ocasiones, las condiciones que se dan en otros países en desarrollo son muy distintas, y a pesar de que tal vez no siempre sea posible acudir a los recursos financieros y de mano de obra de que se dispuso para la creación del CENA, la línea que están siguiendo el Gobierno de Brasil y el Centro es acertada y merece sin duda la consideración, si no la emulación, por parte de los centros de otros países.

* Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará.

** Programa Nacional de Melhoramento da cana de açúcar (Instituto do Açúcar e do Alcool).

*** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

**** Coordenadoria de Assistência Técnica e Informação

***** Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali.