



LA GENERACION DE TECNOLOGIA NUEVA
PARA EL DESARROLLO AGRICOLA

(*)
Por: Fernando Fernandez
Per Pinstруп-Andersen y
Eduardo Alvarez-Luna

Durante la última década, el tema del desarrollo agrícola ha venido siendo motivo de preocupación creciente, por parte de gobernantes, tecnócratas, científicos, educadores y agricultores de los países en vía de desarrollo.

Cuatro hechos ineludibles que han resaltado en los últimos años sugieren la importancia y urgencia del desarrollo agrícola: 1. No es posible lograr crecimiento económico y desarrollo fructífero, en la mayoría de los países en desarrollo, sin el requisito previo o conjunto de un desarrollo agrícola, que incorpore las masas campesinas al mercado de consumo industrial; 2. El desarrollo agrícola debe de tomar muy en cuenta al agricultor pequeño y no solo al grande como sujeto del desarrollo. Lo antedicho resulta sumamente crítico al considerar que alrededor del setentaicinco por ciento de los agricultores en los países en desarrollo poseen fincas de pequeña o muy pequeña extensión (14). 3. Para alcanzar desarrollo agrícola es preciso llenar los prerrequisitos de una mayor productividad y mayor ganancia económica para el agricultor; y 4. Los aumentos anuales de



BIBLIOTECA

4703

(*) Coordinador de Adiestramiento, Ciencias Agrícolas, Líder del Grupo de Economía Agrícola, y Director General Asociado, respectivamente; Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

la población (2.5 - 3.5% para 1973) en los países en desarrollo, mayores que el aumento anual de la producción agrícola (1.0 - 2.8% para 1973) predicen que la actual escasez de alimentos será cada vez más grave. Esto es inevitable a menos que de algún modo se lograra acelerar la producción agrícola y disminuir el vertiginoso aumento de la población.

El desarrollo agrícola es un proceso sumamente complicado. Con frecuencia se lo equipara al crecimiento económico del sector, pero va mucho más allá de eso y significa avances en numerosos componentes, incluyendo la educación, la salud, la infraestructura de la comunidad, la comunicación, la disponibilidad de recursos físicos y monetarios, el progreso social y necesariamente los avances en la tecnología, que permitan al agricultor aumentar su producción y su productividad; lo que a su vez puede traducirse en avances en los otros aspectos del desarrollo rural.

Wortman (18) manifiesta que la única manera de resolver el problema de la escasez de alimentos en el mundo es mediante el aumento de la productividad al nivel de la finca. Pero para que esta productividad aumente se requiere que :

- 1) Se genere tecnología nueva más productiva, que cada agricultor tenga acceso a ella y que su aplicación le traiga mayores ganancias.
- 2) El agricultor sea enseñado por profesionales agrícolas u otros agricultores, unos y otros conocedores de esa tecnología y su forma de aplicación.
- 3) El agricultor tenga disponibles los insumos necesarios tales como crédito, fertilizantes, energía, a tiempo cuando los necesite y a costo razonable; y
- 4) Haya un mercado estable en el cual el agricultor pueda confiar al momento de tomar las decisiones sobre el manejo de su finca.

En el resto de esta presentación vamos a concentrar nuestra atención en el primer punto arriba mencionado.

LA TECNOLOGIA AGRICOLA EN LOS PAISES EN DESARROLLO

Por mucho tiempo los países de menor desarrollo han mirado hacia los más avanzados en busca de la tecnología para su propio progreso. Este fenómeno se intensificó desde hace unos veinticinco años. En América Latina comenzó a perfilarse con más vigor en la década de los años cuarenta, cuando surgieron programas colaborativos de extensión y, aunque en menor grado, también de investigación entre los países de la región y otros de Europa y de los Estados Unidos. Sin embargo, en ese entonces se puso demasiado énfasis en el "transplante" directo, y sin adaptación previa, de tecnología foránea desarrollada bajo otras ecologías y medios socio-económicos. Aunque algunos de esos "transplantes" echaron raíces y produjeron buenos frutos, otros fracasaron. En total, el resultado fué un muy lento desarrollo del proceso de la generación de tecnología a nivel nacional.

Durante las dos décadas de los cincuenta y los sesenta se inician primero en Méjico (INIA) y Colombia (ICA) y después en Centro América (PCCMCA), Ecuador (INIAP) y en otros países, acciones colaborativas entre los gobiernos de esas naciones y la Fundación Rockefeller, con objetivos de fortalecer los incipientes esfuerzos de investigación agrícola centrados sobre productos alimenticios y organizar instituciones más vigorosas en este campo. Un número considerable de científicos latinoamericanos se capacitaron, en el medio local y en el exterior, a través de estos programas. Se lograron en esas décadas progresos encomiables en el mejoramiento de los cultivos, principalmente trigo en Méjico y maíz en Méjico, Colombia y Centro América; a estos progresos acompañan el desarrollo de prácticas culturales y sistemas de manejo

para cada cultivo y especie animal en cada región y país del mundo. Más aún, esta tecnología deberá ser llevada a los productores junto con los insumos y los estímulos necesarios para la producción.

Cuadro 1. Tasa interna de retorno estimada de algunos programas de investigación agrícola.

<u>Producto</u>	<u>País</u>	<u>Período de tiempo</u>	<u>Tasa interna de retorno (*)</u> %	<u>Fuente de Información</u>
Arroz	Colombia	1957-71	53	(1)
Soya	Colombia	1960-71	90	(2)
Algodón	Brasil	1924-67	95	(3)
Trigo	México	1943-63	90	(4)
Maíz	México	1943-63	35	(4)

- Fuentes:
- (1) Ardila Vásquez, Jorge. Rentabilidad Social de las Inversiones en Investigación de Arroz en Colombia. Universidad Nacional e ICA, Bogotá, Colombia, 1973. (Tesis sin publicar).
 - (2) Montes, Gabriel. Evaluación de un Programa de Investigación Agrícola: El Caso de la Soya. Universidad de Los Andes, Programa de Economía para Graduados, Bogotá 1973.
 - (3) Ayer, Harry W. y G. Edward Schuh: Social Rates of Returns and other Aspects of Agricultural Research: The Case of Cotton Research in Sao Paulo, Brazil. Estación Agrícola Experimental de Indiana, Purdue.

(*) Retorno anual sobre el capital invertido en la investigación expresado como porcentaje del capital invertido.

- (4) Barletta, L. Ardito. Cost and Social Returns of Agricultural Research in Mexico. Tesis de Ph. D., Universidad de Chicago, 1967.

NECESIDADES PRIORITARIAS

A continuación se mencionan ejemplos de algunas de las principales necesidades en la generación de nueva tecnología. No trataremos aquí de cubrir todos los problemas técnicos que necesitan de la investigación científica, sino de mencionar algunos de mayor prioridad, aún a riesgo de dejar por fuera varios de particular importancia regional. (*)

En las ciencias agrícolas

- a) A pesar de la creación de nuevas variedades de alto potencial de rendimiento en trigo, arroz, maíz y papa durante los últimos años, la búsqueda de rendimientos cada vez más elevados en estas mismas especies y en muchas otras, continúa en primera línea general de prioridad. Aún queda mucho material genético por explorar y mejoramiento que llevar a cabo urgentemente en los cultivos alimenticios principales, tales como: fríjol, yuca,

(*) Los autores, en esta sección se han basado principalmente en las ideas del Dr. Sterling Wortman (18,19).

sorgo, caupí, ñames, batata, otras leguminosas comestibles, oleaginosas anuales, plátanos y hortalizas. También los cultivos industriales como caña de azúcar, algodón, tabaco, café y oleaginosas perennes etc., son susceptibles de aumentar su potencial de rendimiento.

- b) Los resultados obtenidos hasta ahora con maíces de alta lisina, primero opacos y más recientemente cristalinos, y con líneas promisorias de sorgo, cebada y arroz han abierto nuevos horizontes para explorar en el mejoramiento de la calidad nutritiva de las especies alimenticias para consumo humano y animal.
- c) El re-diseño y modificación de la arquitectura de las plantas para hacerlas más eficientes en la utilización de nutrientes, luz, agua y espacio y producir más materia seca por unidad de área. Este es un concepto relativamente nuevo, a veces llamado "Ingeniería Biológica", pero que ya ha dado grandes resultados como en el caso de las variedades que combinan tallo corto y hojas erectas en el arroz y en el trigo (19).
Se están ya buscando a través de selección y manipulación genética plantas de tipo ideal para fríjol, soya, sorgo y yuca.
- d) La consecución de cultivares con amplitud de adaptación a diferentes condiciones climáticas y ecológicas ha llamado la atención de los investigadores. Esta es una característica muy buscada particularmente en los programas internacionales de fitomejoramiento. La insensibilidad al fotoperíodo y a la temperatura y la tolerancia a condiciones variadas del suelo conducen a una mejor adaptación de cultivares o variedades, a una mayor gama de alturas y latitudes. Dicha adaptación a su vez permite la utilización de

nuevas variedades en una mayor área y numerosos lugares diferentes y simplifica enormemente el trabajo de los fitomejoradores.

- e) La utilización más amplia y eficiente de fertilizantes. El potencial de alto rendimiento de las nuevas variedades no es realizable a menos que el suelo pueda proveer abundantes nutrientes a las plantas. En la mayoría de las ocasiones la fertilidad natural es insuficiente y la aplicación de fertilizantes se convierte en una práctica necesaria. En la actualidad estamos pasando por una etapa de escasez de abonos y la crisis energética que se prevee podría agudizar esa escasez, sobre todo la de nitrógeno. Es imperioso, por lo tanto, buscar métodos más eficientes para la utilización de los fertilizantes disponibles. Recientemente se ha encontrado evidencia de que hay fuentes de material genético con resistencia a ciertas condiciones del suelo como pH muy bajo y toxicidad de aluminio; y con una habilidad superior para extraer nutrientes de suelos pobres.

Los especialistas en suelos coinciden en que el conocimiento actual sobre los suelos de la zona tropical es insuficiente, particularmente en lo que se refiere al uso de los fertilizantes. Las implicaciones económicas de lo antedicho son obvias. Los científicos en los países desarrollados saben ya como determinar las combinaciones de nutrientes específicos para hacer productivos a la mayoría de los suelos en esos países de las zonas templadas. Pero ni ellos ni sus colegas en países en desarrollo saben aún las combinaciones para muchas áreas de los trópicos, información que debe ser determinada para cada especie de cultivo en cada localidad.

- f) Una vez que se ha logrado el desarrollo y la adopción de nuevas variedades de alto rendimiento, y la aplicación de nutrientes para realizar ese potencial; la protección del cultivo del ataque de enfermedades y plagas salta a un plano crucial y da resultados económicos muy favorables. La prevención y control de enfermedades y plagas ha descansado en los últimos 20 años, en gran parte, en el desarrollo y uso de insecticidas, fungicidas, bactericidas y desinfectantes. Sin embargo, los efectos de la contaminación del ambiente han hecho que se reevalúe la racionalidad de su uso. Más aún, estos medios de control y prevención son inútiles en varios casos o a veces son económicamente prohibitivos. La búsqueda de resistencia natural se presenta como una alternativa promisoría si no bien en todos los casos por lo menos en numerosas oportunidades. Se encuentran ya en marcha proyectos de investigación que tratan de identificar e incorporar a variedades de alto rendimiento, resistencia a un buen número de enfermedades y plagas, como la roya en el trigo; el añublo, la virosis, los barrenadores y la sogata en el arroz; el mosaico y los insectos chupadores en fríjol, la bacteriosis y las virosis en yuca; el moho veloso y la mancha bacteriana en la soya; y otros agentes en varias especies. Es además evidente la necesidad de métodos para identificar epidemias y prevenir su diseminación.
- g) La sustitución de energía humana y mecánica por herbicidas, en el control de malezas, ha dado resultados asombrosos liberando al campesino de la abrumante carga física del desyerbe a mano. Cada año surgen nuevos productos con propiedades herbicidas selectivas que necesitan ser ensayadas

en multitud de especies, dosis y combinaciones sobre varias clases de suelos y condiciones climáticas y económicas.

- h) Obtener fórmulas eficientes para la utilización de energía mecánica, energía química y energía humana, en combinaciones económicamente justificables, debe ser una preocupación fundamental de los ingenieros agrícolas. La preparación del suelo por agitación física para controlar la maleza y facilitar el establecimiento de las semillas demanda una cantidad inmensa de energía. Es preciso lograr métodos satisfactorios de labranza mínima que limiten el gasto de energía mecánica y a la vez no impongan un recargo penoso sobre el uso de mano de obra. La importancia de desarrollar tecnología química y mecánica para reemplazar la mano de obra debería determinarse en base de la disponibilidad actual y futura de esta última.
- i) Experimentos en Asia (15) y México (16) han demostrado, desde hace pocos años, que la modernización y sistematización de prácticas antiquísimas de cultivo intercalado y asociado permiten maximizar la utilización del terreno. Con esa sistematización se ha llegado a lograr hasta seis cosechas de especies diferentes y a la vez aumentar el ingreso neto por hectárea por año, disminuyendo el riesgo económico para el agricultor. Los sistemas mejorados de cultivos múltiples de arroz, maíz, frijol, soya, yuca, batatas, hortalizas, y otros cultivos abren nuevas y promisorias perspectivas sobre todo para el agricultor pequeño.
- j) Alrededor del quince por ciento de los productos agrícolas en el mundo se

pierden, por falta de procesamiento que los preserve en forma almacenable mientras se consumen o se deterioran durante el almacenamiento por ataques de insectos, hongos, bacterias y roedores, o por oxidación y otros procesos fisiológicos. Estas pérdidas tienden a ser aún más severas en las zonas cálidas y húmedas de los trópicos, para las cuales hace falta estudiar métodos adecuados de procesamiento y almacenaje; no sólo para granos sino también para raíces, principalmente yuca. Para esta especie ya se están llevando a cabo investigaciones al respecto. La preservación de las semillas constituye un aspecto particularmente crítico.

En las ciencias pecuarias

- a) La acumulación de masa protéica en el cuerpo de los animales depende en primer grado de su alimentación. Por lo tanto, es fundamental acelerar la generación de tecnología nueva para lograr un abastecimiento económicamente adecuado de forraje durante todo el ciclo de vida productiva del animal, la investigación en pastos y forrajes para ganado de carne y leche debe estar en primera línea de prioridad dentro de los esfuerzos de aumentar la producción pecuaria. Las llanuras y terrenos costaneros de las zonas tropicales tienen un enorme potencial para la producción de pastos. Se encuentra ya en marcha la búsqueda de especies y variedades adaptadas a los trópicos, tanto gramíneas como leguminosas, particularmente estas y combinaciones de las dos. Las investigaciones con especies de los géneros es-tylosantes y centrosema prometen avances sustanciales en este campo. Las propiedades de fijación de nitrógeno, tan comunes en las leguminosas de las regiones templadas, se encuentran también en varias especies tropicales.

En el futuro próximo es de esperarse que se seleccionen asociaciones leguminosa-rhizobio de altos niveles de fijación de N en suelos tropicales. Más aún hay indicaciones de que se pueden encontrar mecanismos de fijación de nitrógeno en gramíneas.

- b) Para animales monogástricos como los cerdos, los cuales no pueden consumir grandes cantidades de forrajes, es prioritaria la búsqueda de combinaciones de productos disponibles localmente para dietas balanceadas que produzcan ganancias de peso rápidas y sean de bajo costo. De particular importancia es la utilización del maíz y del sorgo de alta lisina, de la yuca y de la batata, incluyendo el follaje; del plátano y el banano y de los subproductos de especies tropicales.
- c) Las tasas de fertilidad y natalidad del ganado de carne son relativamente bajas en el trópico Latinoamericano en comparación con las de los países templados. Estudios hechos en los Llanos Orientales de Colombia (12) indican que aumentando la natalidad del ganado de la tasa actual de 40% a una de 80% se puede aumentar la producción de carne 1.47 veces sin pastos mejorados y 2.14 veces con pasto abundante. Es obviamente necesario continuar investigaciones sobre estos factores en varios lugares.
- d) La ganancia de peso de los animales por unidad de tiempo es muy baja en los países en desarrollo, resultando en costos altos de crianza y en un alargamiento del ciclo de producción. Mientras que la causa principal de esta situación adversa se podría encontrar en la disponibilidad y la calidad de alimentos para el ganado, la falta de prevención y control de enferme-

dades y parásitos y el bajo potencial genético de los animales criollos son otros factores importantes. Es necesario desarrollar sistemas de manejo que combinen buen pastoreo, cruces para mejorar las razas criollas y rústicas, sin perder su resistencia a los factores desfavorables del medio, y programas de sanidad animal.

- e) La medicina veterinaria tropical ha de lograr una mejor comprensión de la etiología y la epiderminología de las enfermedades y los parásitos del ganado y buscar métodos nuevos más efectivos, de prevención y control que a la vez sean poco costosos. Como principales limitantes de la producción están los parásitos intestinales (Helmintos) los hemoparásitos transmitidos por garrapatas, anaplasmosis y babesiosis, y las enfermedades del sistema reproductivo principalmente brucelosis y leptospirosis. La aftosa constituye aún una amenaza para las zonas en donde ésta no es endémica. Es urgente continuar ganando un mayor conocimiento que permita reducir el daño de las enfermedades en el trópico.
- f) A toda costa debemos de evitar caer en el error de investigar para generar tecnología ciegamente, sin ocuparnos por evaluar su importancia económica. El divorcio que frecuentemente existe entre el científico, biólogo en agricultura y las ciencias sociales no debe de continuar existiendo. Toda investigación científica debe planearse en función de su relevancia económica y sus resultados deben de evaluarse a la luz de su aplicabilidad económica y su contribución al bienestar social del país donde se va a aplicar.

Para lograr los avances en la generación de la tecnología para el desarrollo agrícola estamos haciendo frente a una enorme tarea que debe ser llevada a cabo en muy poco tiempo. La investigación agrícola en los países en desarrollo ha sido muy lenta, conservadora, hecha frecuentemente al azar, a veces de calidad cuestionable y siempre de baja prioridad para los gobiernos. Es preciso cambiar esta imagen por una de estrategia bien planeada, seriedad de propósito, dedicación a la obtención de resultados efectivos, con gran sentido de urgencia y con financiamiento prioritario en los presupuestos nacionales.

La tecnología debe llenar las necesidades locales

Las relaciones entre los varios factores físicos y biológicos que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas y de los animales son muy complejas. A diferencia de la mayoría de los procesos industriales que se basan en su mayor parte en ciencias exactas físico-matemáticas, los procesos que dan como resultado la producción agrícola se basan en las ciencias biológicas, más difíciles de medir y regular, y por lo tanto traen consigo una gran variabilidad según el medio en que operan. Más aún, las relaciones socio-económicas que interaccionan con los factores biológicos son una fuente adicional de variabilidad (5).

La variabilidad descrita hace que la tecnología generada en un lugar determinado no sea necesariamente aplicable en otra localidad, en donde las condiciones biológicas o socio-económicas son diferentes. Donde quiera que miremos en el mundo encontramos una inmensa diversidad en la combinación de esas condiciones. Por lo tanto, una considerable cantidad de tecnología es generada en lugares muy distantes y de características diferentes; en grado variable, de los lugares en donde se necesita.

Resulta entonces indispensable que los resultados promisorios de la investigación, efectuada en centros internacionales o en instituciones nacionales, sean probados localmente en forma experimental antes de que se intente transmitirlos a los agricultores, so pena de incurrir en errores y frustraciones como los que ocurrieron antes de y durante las décadas de los cuarenta a los sesenta en América Latina y en algunos lugares siguen ocurriendo aún hoy en día.

Por otra parte existen marcadas diferencias entre la estación experimental regional y los campos de los agricultores. En el interior de la estación existe cierto grado de artificialidad la cual es necesaria para facilitar la labor investigativa y causada por factores tales como: disponibilidad de riego y buen drenaje, control de los insectos, de las enfermedades y de los déficits nutricionales; disponibilidad de equipos y herramientas, abundante mano de obra y relativa independencia de los factores socio-económicos. Lo antedicho ha causado que los resultados de los ensayos en las estaciones experimentales hayan de ser "revalidados" (4) o comprobados por medio de ensayos de tipo experimental, hechos directamente en los campos de y con los agricultores. A estos ensayos se los conoce como "pruebas regionales" y frecuentemente sirven además, ante los agricultores, como demostraciones de la bondad de la tecnología. En virtud de que estas pruebas generalmente tienen que ser numerosas y sobre un rango amplio de condiciones locales, el investigador no alcanza a manejar todos los ensayos; es allí donde la colaboración profesional estrecha entre el investigador y el agrónomo o zootecnista de producción (o agente de extensión) es indispensable.

Recientemente se han dado casos muy fructíferos de generación y subsecuente aplicación de tecnología, ambas hechas en los campos de los agricultores

pequeños, como son los casos del ya bien conocido Proyecto Puebla (9,10), de los varios esfuerzos similares actualmente en marcha en Colombia bajo la denominación de "Proyectos de Desarrollo Rural " (11) y del " Proyecto Cooperativo de Investigación Aplicada Sobre Arroz de Secano, en las Filipinas " (13). En todos estos casos, los ensayos de investigación aplicada se hacen en las fincas de los agricultores y con la participación de ellos.

EL ENFOQUE DE SISTEMAS EN LA GENERACION DE NUEVA TECNOLOGIA PARA LA AGRICULTURA

Antes del advenimiento del concepto de "sistemas " los investigadores trataban de lograr comprensión sobre el funcionamiento del sistema a través de la separación y aislamiento de sus componentes y el estudio de la estructura y el comportamiento de sus partes. Dillon (1) llama a este enfoque "reduccionismo".

De hecho, el reduccionismo promovió la proliferación de " sordera especializada " en forma de disciplinas científicas independientes, las cuales con el tiempo aumentaron en profundidad y se estrecharon en amplitud de cobertura, al extremo de que en muchas ocasiones se alejaron de los problemas prácticos de la vida real. Así es como en la investigación agrícola en los países en desarrollo se ha tratado en el pasado de seguir demasiado de cerca el patrón de los centros universitarios de los Estados Unidos y países de Europa en donde ha predominado el enfoque académico-disciplinario.

La producción agropecuaria, sin embargo, no está orientada en base a disciplinas individuales, sino en base a especies o productos vegetales y animales cuyo crecimiento y desarrollo puede ser ayudado por la aplicación de una tecnolo-

gía que congrega numerosas disciplinas; como genética, entomología, patología, edafología, ingeniería agrícola, fisiología, nutrición, microbiología, etc. Esta congregación de disciplinas alrededor de la producción de una especie conforma en sí un "sistema tecnológico" (Figura 2.).

Más aún, el crecimiento y desarrollo físico de una planta o animal, para dar un producto agrícola, no está aislada de otros factores que lo influyen y que son parte del "sistema total de producción" para determinada especie (4). Dichos factores son tales como insumos, crédito, transporte, mano de obra, maquinaria, cultivos asociados, infraestructura de la comunidad, medio ambiente y tecnología. (Figura 3).

Recientemente se viene reconociendo cada vez más la importancia de mirar el sistema total de producción y lograr una comprensión de la estructura y funcionamiento de las partes, desprendido de una comprensión del sistema total.

Estas partes tienen las siguientes propiedades comunes (1) :

- 1) Cada parte afecta las propiedades y los resultados del sistema total.
- 2) Cada parte depende de otras en cuanto a sus propiedades y en como afectan al sistema.
- 3) Ninguna de las partes puede organizarse como un subsistema completamente independiente.

En virtud de estas propiedades el sistema es un todo indivisible y no tan solo la suma de sus componentes. Además formará parte de otro sistema más grande. Así es como el "Sistema Total de Producción de Arroz" es una parte del "Sistema Agrícola". Y por supuesto de cualquier sistema mayor que concibamos.

La operación del sistema, por lo tanto, debe ser juzgada en términos de cómo se acoplan y funcionan las partes y de cómo este sistema se relaciona con el ambiente y con otros sistemas en ese ambiente.

El concepto de "Sistema" es aplicable con éxito en la organización de las instituciones a cargo de la investigación, en cuyo caso podemos mas concretamente hablar de un concepto equivalente; el concepto de "equipo", en el cual un grupo de investigadores cada uno especialista en una disciplina (suelos, genética, fitopatología, entomología, fisiología, economía, ingeniería agrícola) forma un equipo para resolver a través de sus disciplinas individuales, pero en una forma integrada y coordinada, los varios problemas que limitan la producción de una especie o unas pocas especies a la vez, generando así nueva tecnología.

Este enfoque ha dado excelentes resultados en los centros de investigación internacionales y en algunos nacionales en donde se ha puesto en práctica. Difiere del enfoque tradicional de programas disciplinarios independientes, en que el objetivo central del enfoque de sistemas es el aumento del producto agropecuario y no solamente el avance científico disciplinario.

La identificación de prioridades en la investigación

El antedicho concepto de sistemas nos invita a mirar a la estrategia de investigación no en términos académico-disciplinarios de entomología, control de malezas, etc., sino en términos de todo un sistema, mediante el esfuerzo coordinado de un equipo de científicos cuyas especialidades pueden ser académico-disciplinarias y generalmente lo son.

Figura 2. Ejemplo de un subsistema tecnológico de la producción física de un cultivo

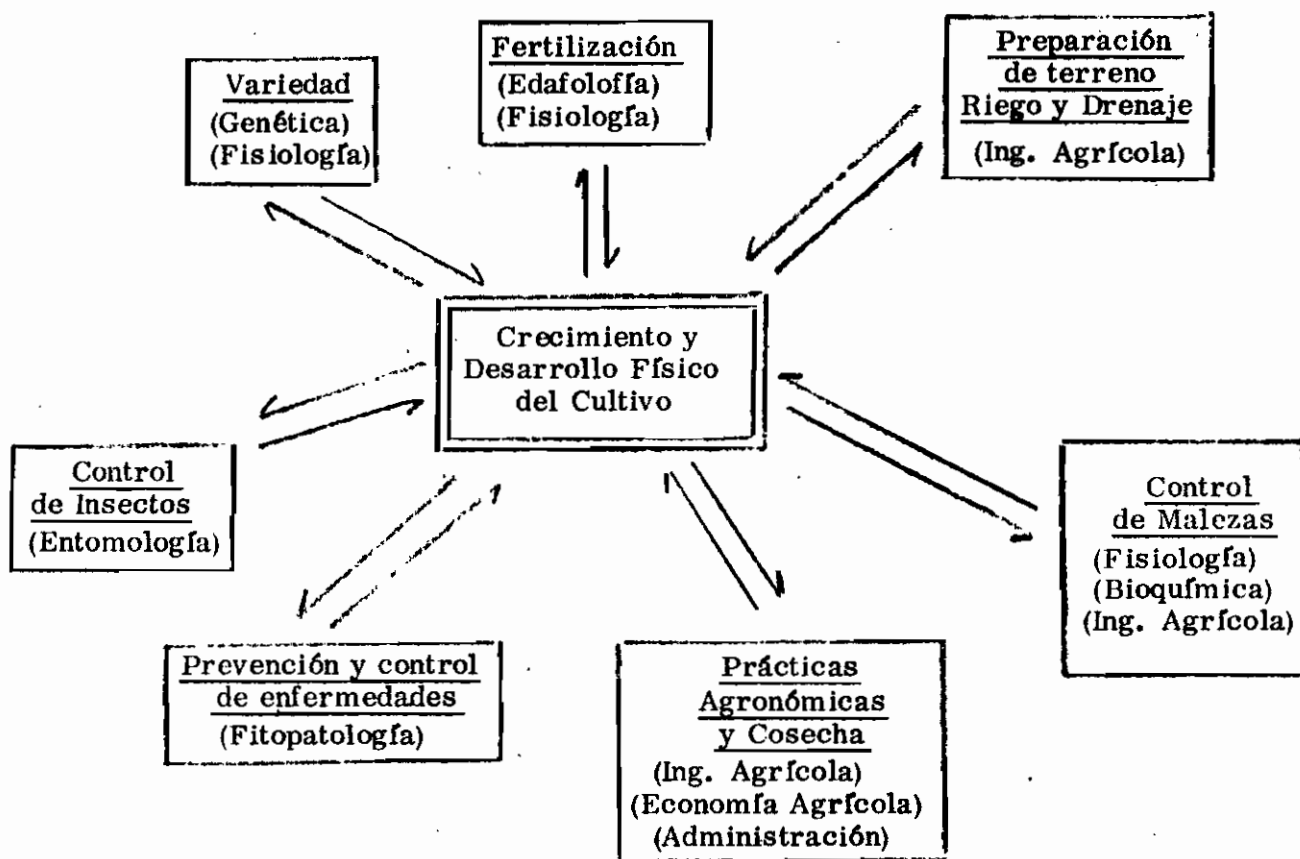
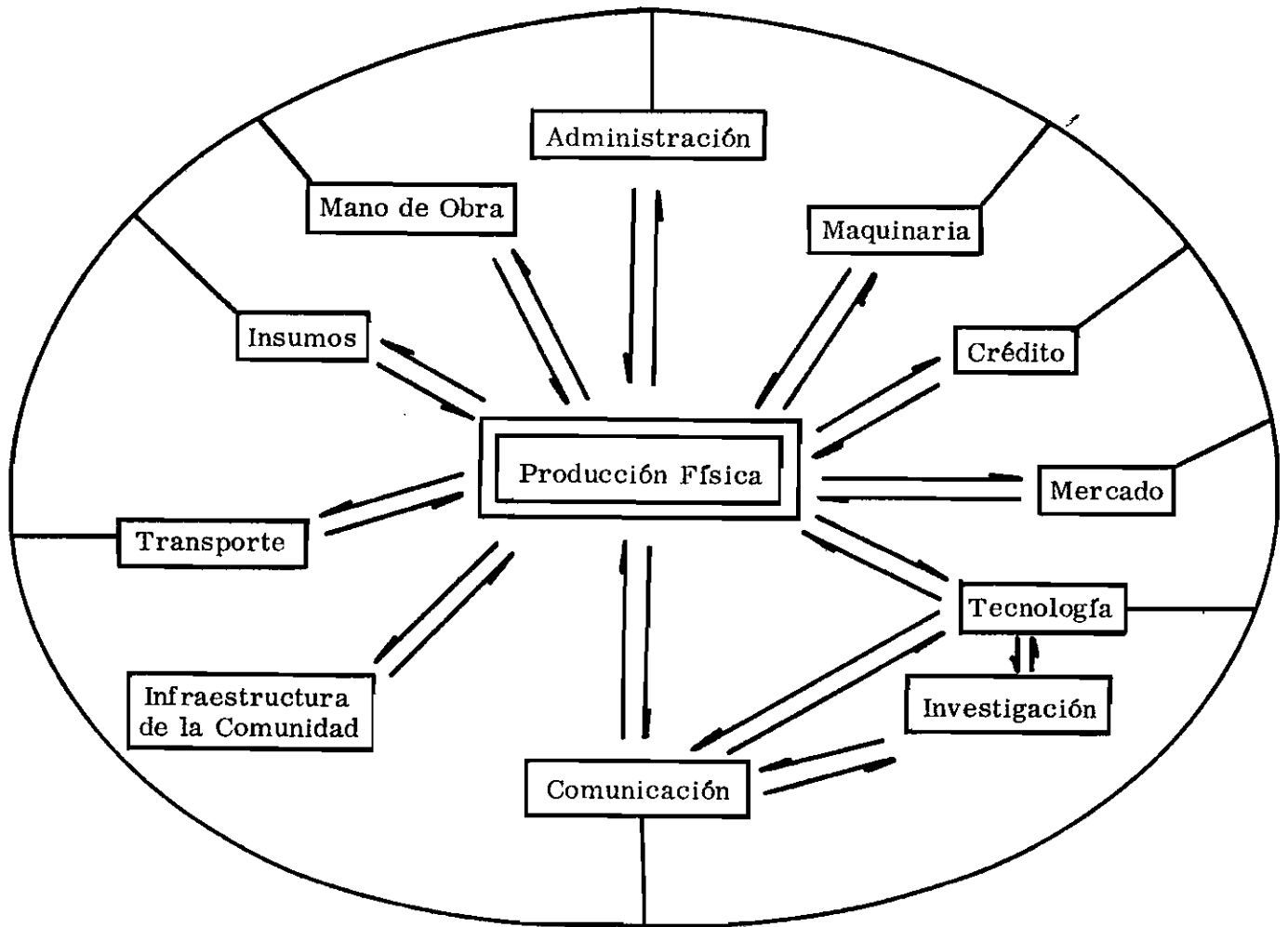


Figura 3. El sistema total de producción de una especie.



Para que sea de alta utilidad, la investigación agrícola aplicada debería enfocarse a la creación de la tecnología necesaria para solucionar los problemas principales en la producción. Para este propósito se necesita conocer los sistemas actuales de producción y saber como reaccionan bajo la introducción de diferentes tipos de tecnología. Más específicamente, se necesita información sobre 1) los factores limitantes en la producción y la productividad, y las implicaciones dentro del sistema, de la introducción de soluciones alternativas, y 2) la preferencia del agricultor en cuanto a las soluciones (tecnologías) alternativas.

Antes de profundizar la discusión sobre estos dos puntos quizás sería útil clarificar qué es lo que la investigación y la tecnología agrícola podrían contribuir. La figura 4 muestra las contribuciones potenciales de la investigación agrícola aplicada. La investigación productiva genera y ofrece conocimientos y materiales (semilla mejorada, insecticidas, herbicidas, etc.)

Los conocimientos se podrían utilizar como base para más investigación o se puede poner a disponibilidad de los agricultores como tecnología. Hay tres y únicamente tres contribuciones directas de esta nueva tecnología:

- 1) El aumento de la eficiencia técnica de uno o más recursos *; 2) El cambio de las características y composición de productos existentes y el desarrollo de

* La eficiencia técnica es una medida de producción por unidad de recursos en donde ambos se expresan en términos físicos, i. e. ton/ha.

Fig.4 Ilustración de los resultados potenciales e implicaciones de la investigación agrícola

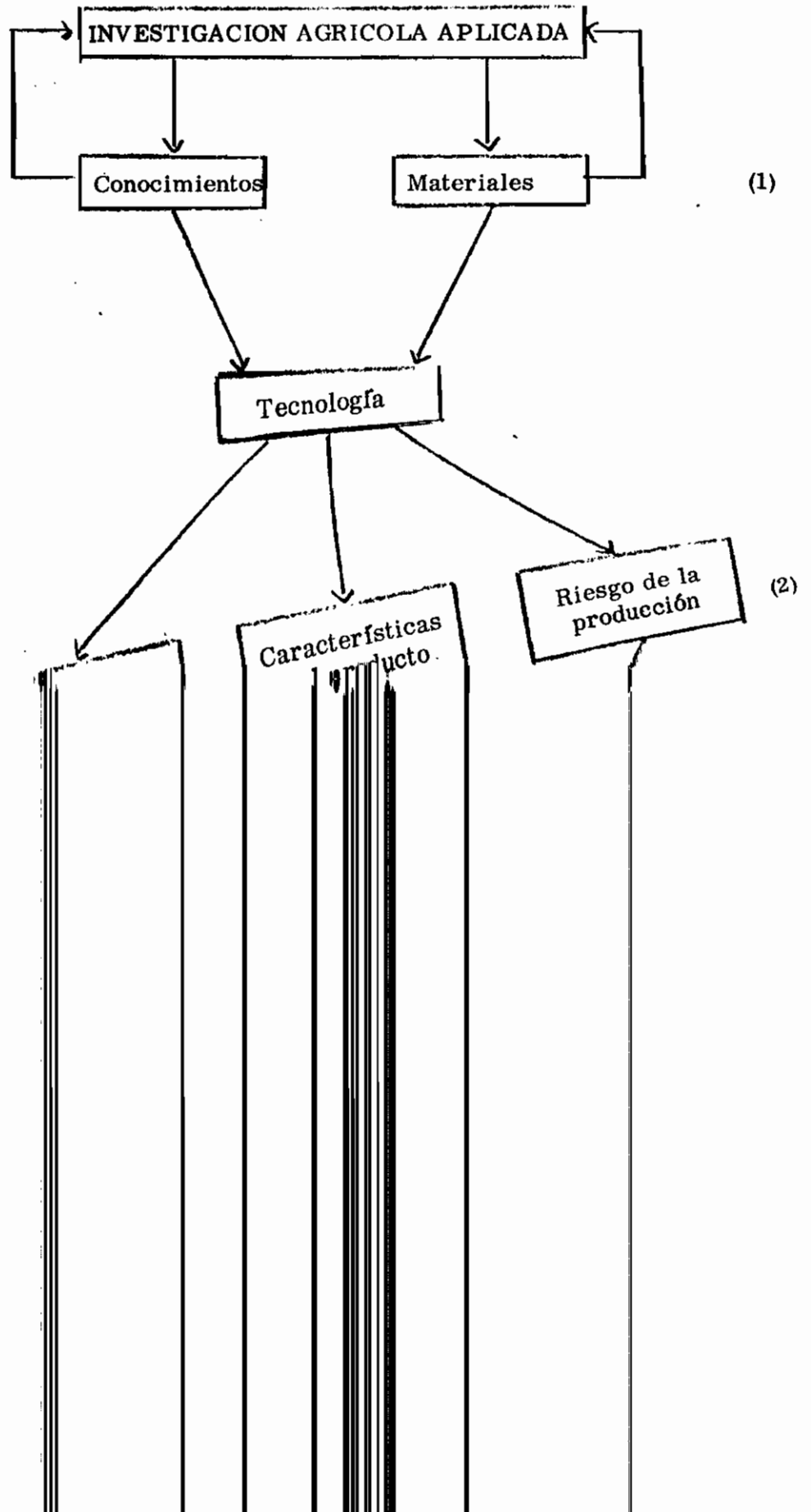
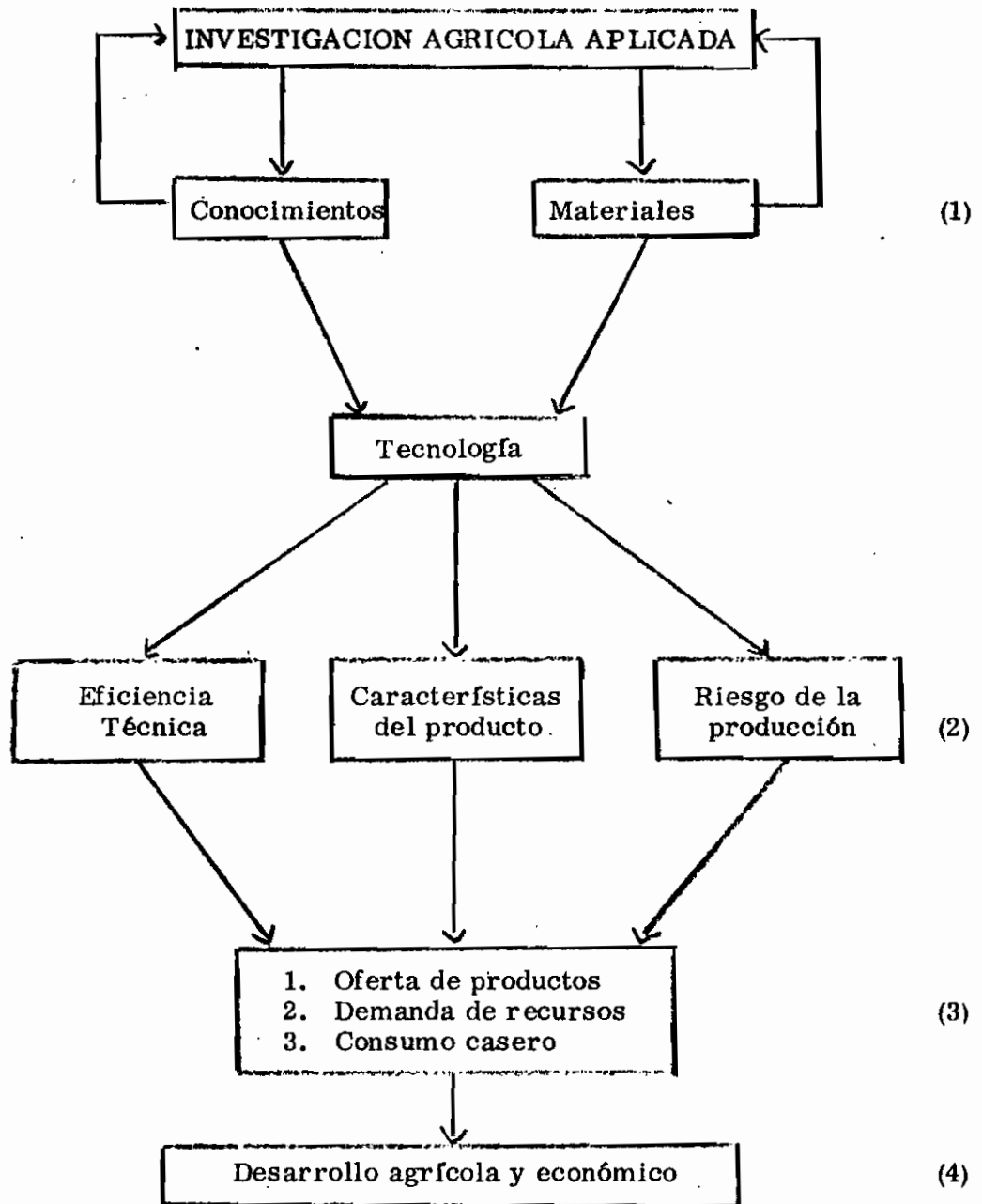


Fig.4 Ilustración de los resultados potenciales e implicaciones de la investigación agrícola



nuevos productos **, y 3) La disminución del riesgo y la incertidumbre en la producción (2).

Cualquier otra contribución sería indirecta, resulta como consecuencia de una o más de las tres contribuciones directas. Estos tres factores deberían ser los objetos inmediatos de los investigadores. Para la sociedad, sin embargo, no son objetivos sino medios para lograr las metas sociales, por ejemplo desarrollo agrícola. Hay dos resultados potenciales de las tres contribuciones directas:

- 1) Cambiar la composición y cantidad de la producción de productos agrícolas que resultará en cambios en la oferta y/o consumo casero y
- 2) Cambiar la composición y cantidad de la demanda agregada de recursos.

Son estos cambios los que promueven el desarrollo agrícola a través de mayores ingresos para los agricultores, menor riesgo, mejor nutrición humana, etc. Entonces, el impacto de la investigación y de la tecnología nueva sobre el desarrollo agrícola depende principalmente de dos factores: 1) un sistema de información capaz de traducir las metas del desarrollo agrícola al investigador en cuanto a los problemas a solucionar y al mejor tipo de tecnología, y 2) un equipo de investigadores altamente calificados y representando las disciplinas necesarias para la solución de los problemas específicos.

** El desarrollo de plantas más aptas para la mecanización y la mejora del contenido de amino ácidos en las proteínas de ciertos cultivos son ejemplo de este tipo de contribución.

Para que sea relevante la investigación se necesita un flujo de información continua de la finca hacia el investigador sobre los problemas a nivel de la finca y la tecnología necesaria para solucionarlos. Mientras que los programas de producción (servicio de extensión) se dedican a transmitir información sobre nueva tecnología a los agricultores, en América Latina existen pocos o ningún sistema efectivo para transmitir la demanda de nueva tecnología del agricultor a la agencia de investigación. Por lo tanto, con más frecuencia de la que estamos dispuestos a admitir, la investigación está mal enfocada, la tecnología resultante no sirve o tiene poca utilidad, la tasa de adopción es baja y los agricultores que la adoptaran fracasarían.

Hay varios mecanismos disponibles para mejorar el flujo de información del agricultor hacia la estación experimental:

- 1) Encargar a los programas de producción describir los sistemas existentes en el medio, identificar los principales factores limitando la producción y la productividad, estimar las implicaciones de diferentes tecnologías nuevas dentro del sistema y especificar la tecnología aceptable para el agricultor.
- 2) Llevar a cabo encuestas agro-económicas con el propósito de conseguir la misma información a través de visitas a una muestra de agricultores, colectando los datos necesarios en sus campos.
- 3) Mejorar la comunicación directa entre los agricultores y los investigadores a través de visitas a fincas, reuniones, participación directa de los investigadores en proyectos regionales de desarrollo, etc. La efectividad relativa de los varios mecanismos dependería de las circunstancias específicas de cada caso.

LA INVESTIGACION TECNOLOGICA PARA EL DESARROLLO AGRICOLA A TRAVES DE LA ACCION COLABORATIVA

La investigación agrícola es en su gran parte una función del sector público. Las instituciones nacionales de los países en desarrollo han tomado para sí la responsabilidad de generar y adaptar tecnología para uso local en la producción agrícola; desde la solución de los problemas mayores por investigadores especialistas disciplinarios en las estaciones experimentales, hasta la comprobación de la validez de la tecnología en fincas de agricultores o su adaptación a nivel local. En algunos países la investigación la lleva a cabo, en su mayor parte, una rama del Ministerio de Agricultura; (República Dominicana, Panamá, Bolivia, Nicaragua, Venezuela); en otros se han fundado institutos autónomos o semiautónomos (INIA, México; ICA, Colombia; INIAP, Ecuador; ICIA, Guatemala; DESAGRO, Honduras; CENTA, El Salvador). Además, en varias naciones las Universidades Nacionales llevan a cabo programas de investigación de intensidad variable, desde la investigación básica, sin relación alguna con sectores productivos, hasta programas de investigación aplicada, por ejemplo, la investigación de las plagas de insectos, la fisiología de las plantas, etc. En algunos países, por razones económicas, se persigue la investigación de alto nivel de tecnología avanzada, las escuelas de posgrado con programas de investigación en áreas específicas, y también, a veces, a través de programas de intercambio con universidades extranjeras.

La empresa privada en la producción agrícola, salvo pocas excepciones, no tiene la suficiente capacidad financiera ni encuentra seguridad de lograr ganancias, en la generación de su propia tecnología en los límites relativamente cortos de la empresa. A veces las asociaciones de empresarios privados pequeños pueden tener la capacidad de financiar y el apoyo requerido, pero para encuen-

trar incentivos hacia la investigación o para colaborar con las entidades oficiales hacia ese objetivo.

Se ha comprobado ya que cuando se han logrado progresos rápidos en acelerar la producción de los cultivos básicos, esto se ha obtenido mediante programas de investigación concentrados en una especie a la vez, orientados a resolver primero los problemas inmediatos de la producción, y llevados a cabo por un equipo de científicos en distintas disciplinas, bien coordinados por alguien con visión completa del sistema tecnológico y del sistema de producción de la especie de los esfuerzos (6,17,18).

Estos programas se encuentran bien financiados y dotados de personal científico adecuadamente adiestrado para poder llenar su cometido. Más aún, el grado de sofisticación científica y la concentración de recursos necesarios para resolver ciertos problemas a través de la investigación, muchas veces no se encuentran en las instituciones nacionales de los países en desarrollo. En esos casos las instituciones internacionales como el IICA y la FAO y en particular los centros o institutos internacionales de investigación representan una fuente de conocimiento y pericia científicos que puede ayudar a dar apoyo a las instituciones nacionales y catalizar su desarrollo.

Existen en la actualidad nueve de estos centros de investigación. El primero en crearse (1962) fue el IRRI, en Las Filipinas, para investigar sobre arroz. Luego siguieron: EL CIMMYT en México (1966) para maíz y trigo. EL CIAT en Colombia (1967) con tres programas principales, ganado de carne, yuca y frijol; uno exploratorio, porcinos y dos adaptativos, arroz y maíz, además

tiene un programa de sistemas agrícolas para pequeños agricultores. El IITA (1967) en Nigeria, que trabaja en caupí, guandul, raíces y tubérculos tropicales, maíz y arroz para Africa. EL CIP (1970) en Perú para papa, EL ICRISAT (1972) en India que se ocupa de sorgo, millo, guandul, y otras leguminosas comestibles y también investiga sobre sistemas de producción para las regiones de lluvia escasa. EL AVRDC (1970) en Taiwan que investiga sobre hortalizas. EL IIRAD recién establecido en Kenya para trabajar en inmunología de enfermedades del ganado y EL ILCA actualmente en proceso de organización en Etiopía y que operará con animales domésticos. Cabe además resaltar como instituto internacional de investigación a nivel regional al actual CATIE (1973) antiguo CTEI del IICA en Turrialba, Costa Rica, fundado en 1942 y que ha venido llevando a cabo investigación en varias especies.

Se encuentra ya en consideración el establecimiento de otros institutos o centros internacionales de investigación para otras especies (17).

Estas instituciones ofrecen colaboración a los países en desarrollo en cuatro formas principales:

1. Transferencia de tecnología desarrollada en sus sedes o centros experimentales alternos.
2. Proyectos colaborativos de investigación tecnológica en especies de mutuo interés, enfocados hacia la solución de problemas limitantes de la producción.
3. Adiestramiento de personal técnico para fortalecer las instituciones nacionales de investigación y de asistencia técnica al agricultor.

4. Asesoría sobre la solución de algunos problemas específicos de la producción.

A más de éstas cuatro formas de colaboración, se contemplan :

- a. La estructuración de redes de investigadores científicos dedicados a especies vegetales o animales determinados y
- b. La formación de redes de intercambio de información científica entre las instituciones de los países en desarrollo en esas mismas especies.

LA TRANSMISION DE TECNOLOGIA AL AGRICULTOR

Aún cuando los objetivos inmediatos de la investigación científica agrícola parecen ser las plantas y los animales domésticos; y los objetivos de la nueva tecnología son, a primera vista, el aumento de la producción y la productividad; no debemos de olvidar en momento alguno que el objeto primordial de la generación de tecnología para el desarrollo agrícola es el hombre y la meta final es su bienestar físico, social, económico y cultural.

Por lo tanto a la luz de lo antedicho, la tecnología nueva será poco menos que inútil si no es llevada al agricultor. Para ésto, la tecnología nueva que se quiera diseminar habrá primero de dar contestación afirmativa a las siguientes preguntas:

1. Responde la tecnología a las necesidades expresadas por el agricultor?
2. Aporta la tecnología una ventaja económica para él ?
3. Disminuye la tecnología el riesgo y la incertidumbre a que el agricultor está sometido ?

4. Contribuye la tecnología a la realización de las metas sociales y económicas de la nación ?
5. Son el vehículo y los canales de transmisión efectivos ?

Está en manos de los investigadores y de los administradores de la investigación el generar tecnología que dé respuestas afirmativas a las cuatro primeras preguntas. Sin embargo son los agrónomos y zootecnistas de asistencia técnica al agricultor, o extensión agrícola (o mejor, desarrollo agrícola) los que deben responder a la quinta pregunta y ayudar al investigador a responder a las cuatro primeras.

Así como los investigadores biológicos buscan tecnologías más productivas, es preciso que los extensionistas o profesionales de la producción a quienes preferimos llamar "comunicadores del desarrollo", busquen métodos nuevos y más efectivos de transferencia de tecnología al agricultor. Los enfoques y métodos tradicionales copiados en el pasado de los países desarrollados y para audiencias muy diferentes de las de los países en desarrollo, han tenido éxito muy limitado (2,3). Por lo tanto, la extensión agrícola necesita un cambio sustancial por medio del entrenamiento de los profesionales de la producción y la búsqueda de métodos autóctonos de comunicación adecuados para el medio local (5). De otra manera no importará cuan buena sea la nueva tecnología, aún no producirá los resultados buscados.

Ejemplos de estos nuevos enfoques y métodos se encuentran en el Proyecto Puebla, los Proyectos de Desarrollo Rural en Colombia, la Fundación Promotora de Cooperativas en El Salvador y aquí mismo en la República Dominicana

en el Proyecto FAO-Secretaría de Agricultura en el Valle del Cibao .

Particular atención merece el adiestramiento de investigadores y de agrónomos o zootecnistas de producción (comunicadores del desarrollo) con una preparación más pragmática y no solo teórica como ha sido tradicional *.

Una dedicación especial de esfuerzos y recursos requiere la comunicación de tecnología al agricultor pequeño. Este agricultor es tal vez el componente menos visible de la población de los países en desarrollo, pero el que constituye la mayor parte de la población rural, representa el más alto número de propietarios u operadores de fincas, y en la mayoría de los casos sus parcelas sumadas todas comprenden una proporción sustancial de la superficie agrícola de estos países . En Colombia, por ejemplo, los datos disponibles indican que el 92% de los agricultores del país, operan fincas agrícolas de menos de 10 hectáreas y ocupan el 40% del área bajo cultivo y el 96% de los agricultores operan fincas de menos de 40 hectáreas y ocupan el 60% del área de tierra bajo cultivo (14) .

En el futuro tanto los investigadores científicos como los extensionistas y los administradores deberán de dirigir mayores esfuerzos hacia ayudar estos pequeños agricultores que son los que más lo necesitan, sea en su condición de propietarios individuales o en empresas cooperativas de producción .

Para acelerar el desarrollo agrícola y económico es sumamente urgente que los países en desarrollo reconozcan la prioridad que merece la generación de nueva tecnología y su transferencia a los agricultores, y consecuentemente les asignen recursos adecuados y técnicos bien adiestrados en números suficien

* Para tratamiento detallado e innovativo del tema de adiestramiento ver referencias 4 y 5 al final de éste artículo .

tes a las entidades nacionales, responsables de investigar los problemas y generar la tecnología que servirá para sacar del atraso la producción agropecuaria base del desarrollo rural y agrícola de estos países.

* * * * *

REFERENCIAS

1. Dillon, John L. , The Economics of Systems Research. Agricultural Systems Research Conference, Massey University, 1973.
2. Beltrán, Luis R. , La-Problemática de la Comunicación para el Desarrollo Rural en América Latina. Desarrollo Rural en las Américas, Vol IV, No. 2, IICA-CIRA, Bogotá, 1972 .
3. Fernández, Fernando. , Sistemas de Producción de Fríjol. Seminario sobre el Potencial del Fríjol y otras Leguminosas Alimenticias en América Latina, CIAT, Cali, Febrero 26-Marzo 1, 1973.
4. Fernández, Fernando. , Enfoques Modernos para el Adiestramiento de Especialistas en Leguminosas Comestibles en los Trópicos. Seminario sobre el Potencial del Fríjol y otras Leguminosas Alimenticias en América Latina, CIAT, Cali, Febrero 26-Marzo 1, 1973.
5. Fernández, Fernando. , New Trends in Training of Agricultural Production Specialists as Development Communicators. Cornell University International Symposium on Communication Strategies for Rural Development, CIAT, Cali, March 17-22, 1974 .
6. Hill, Forrest F. and Hardin, Lowell. , Crop Production Successes and Emerging Problems in Developing Countries. Workshop on Emerging Issues Accompanying Recent Breakthroughs in Food Production. Cornell University, New York, March 30-April 3, 1970.
7. Jiménez, Leobardo. , El Plan Puebla : un programa regional para aumentar rendimientos de maíz entre agricultores pequeños. Estrategias para Aumentar la Productividad en Zonas de Minifundio, Conferencia Internacional, Puebla, CIMMYT, Mexico, 1970 .
8. Jimenez, Leobardo y Laird R.J. , Mexico, The Puebla Project. First Agricultural Education Conference, Strategies for Agricultural Education in Developing Countries, Bellagio, Lake Como, Italy, March 11-15, 1974 .

9. Pinstrup-Andersen, Per, Allocation of Resources in Applied Agricultural Research in Latin America. A Preliminary Approach. Regional Seminar on Socio-Economic Aspects of Agricultural Research IICA, Maracay, Venezuela, April 10-13, 1973.
10. Pinstrup-Andersen, Per, Toward a Workable Management Tool for Resource Allocation in Applied Agricultural Research in Developing Countries. Ford Foundation Meeting for Program Advisers in Agriculture, Ibadan, Nigeria, April 29 - May 4, 1974.
11. Quintero, Pedro y otros., Proyectos de Desarrollo Rural, Colombia. Primer Seminario Internacional de Proyectos de Desarrollo, Bogotá, Colombia, Septiembre 10-14, 1972.
12. Raun, Ned S., Producción de Ganado de Carne en los Llanos Orientales. Agricultura Tropical, Vol XXIV, No. 10, Octubre 1968.
13. Ross, Vernon E., Historical Development of the IRRI-NFAC Cooperative Rainfed and Upland Rice Applied Research Project. First Agricultural Conference, Strategies for Agricultural Education in Developing Countries, Bellagio, Lake Como, Italy, March 11-15, 1974.
14. Smith, Thomas L., Colombia's Social Structure and the Process of Change. University of Florida Press, Gainesville, 1967.
15. Streeter, Carrol P., Reaching the Developing World's Small Farmers. A special report from the Rockefeller Foundation, New York, 1973.
16. Turrent, Antonio., Respuesta Promedio de la Asociación Maíz-Frijol de Gufa a la Fertilización y a la Densidad de Población en Tres Localidades del Plan Puebla. Informe del Plan Puebla, 1972.
17. Wortman, Sterling., Agricultural Research Institutes. Their Unique Capabilities, Tenth Anniversary Celebration of the International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas, April 20-21, 1972.
18. Wortman, Sterling., A New Era in Crop Improvement. Herbert Kendall Hayes Memorial Lecture, University of Minnesota, 1974.
19. Wortman, Sterling., The Technological Basis for Intensified Agriculture. The Rockefeller Foundation, New York, 1974.