

5  
3.2  
.5  
...  
...  
517

---

**El CIAT hacia el Año 2000**

---

# **Un Plan Estratégico**

**Suplemento**



El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es una institución de investigación agrícola orientada al desarrollo y dedicada al alivio perdurable del hambre y la pobreza en los países en desarrollo por medio de la aplicación de la ciencia.

El CIAT es uno de los 17 centros internacionales de investigación agrícola bajo los auspicios del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GICIAI).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por un grupo de donantes. En 1991 tales donantes son: Bélgica, Canadá, China, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Holanda, Italia, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, Suecia y Suiza. Las siguientes organizaciones son también donantes del CIAT en 1991: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente el punto de vista de las entidades mencionadas anteriormente.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)  
Apartado Aéreo 6713  
Cali, Colombia

Publicación CIAT No. 205  
Tirada: 600 ejemplares  
Traducido y editado por la Unidad de Publicación del CIAT  
Impreso por la Unidad de Artes Gráficas del CIAT  
Diciembre 1991

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. El CIAT hacia el año 2000: Un plan estratégico. Cali, Colombia. Parte 1, 92 p.; Parte 2 (Suplemento), 127 p.

## CONTENIDO

<b>Sección</b>		<b>Página</b>
1	Tendencias de la Economía y de la Agricultura en América Latina y el Caribe: Implicaciones para la Generación de Tecnología Agrícola	1
2	Revisión del Conjunto de Productos Agropecuarios Básicos que Investiga el CIAT: Indicadores de su Importancia Actual y Futura	23
3	Tendencias de Algunos Productos Agropecuarios Básicos Escogidos	63
4	Método SIG para Identificar Problemas y Oportunidades de Investigación en el Manejo de los Recursos Naturales	87



## TENDENCIAS DE LA ECONOMIA Y DE LA AGRICULTURA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE: IMPLICACIONES PARA LA GENERACION DE TECNOLOGIA AGRICOLA

Willem Janssen, Luis R. Sanint y Carlos O. Seré\*

Este documento está dedicado, en su mayor parte, al análisis de las tendencias proyectadas a largo plazo, porque ellas proporcionan indicadores útiles para la generación de tecnología agrícola. El documento discute primero el pasado económico y las tendencias que ha manifestado la agricultura en América Latina y el Caribe; luego trata la situación actual de esas regiones y lo que ella implica para un posible crecimiento en el futuro cercano, y lleva así a discutir las alternativas de desarrollo y las diversas tendencias de largo plazo; finalmente, discute las implicaciones de esta realidad para la generación de tecnología agrícola, y extrae algunas conclusiones.

### Cambio estructural, 1950-1980

Los cambios bruscos observados en América Latina desde la década de los 50 en términos de crecimiento, urbanización y modernización estuvieron acompañados por una interesante tendencia: la actividad económica disminuía la dependencia que la ataba al sector primario, como resultado de los importantes desarrollos logrados en la industria y en el sector de servicios. Las estrategias de sustitución de importaciones y de autosuficiencia alimentaria de la década de los 60, sumadas a la promoción de las exportaciones en la década de los 70, se basaron en un modelo de industrialización que se desarrolló a expensas del sector agrícola (García y Montes, 1989; Krueger et al., 1990).

La contribución de la agricultura descendió: era el 21% del PIB y el 54% del empleo de la población activa en la década de los 50, y pasó a los niveles actuales de 11% y 32%, respectivamente (Cuadro S1.1). Esta reducción fue absorbida, casi en partes iguales, por la industria y por el sector de servicios. La industria provee actualmente el 37% del PIB aunque emplea sólo 26% de la población activa. El sector de servicios proporciona 52% del PIB y da empleo a 42% de la población. El ingreso anual per

---

\* Respectivamente: economista, Programa de Frijol, CIAT; economista, Programa de Arroz, CIAT; y economista consultor, Montevideo, Uruguay.

Cuadro S1.1. Importancia relativa de diferentes sectores de la producción en América Latina y el Caribe.

Sector de producción	Porcentaje del PIB (1987)	Crecimiento anual durante 1980-1987 (%)	Contribución al empleo (%)	Ingreso promedio per cápita en 1987 (US\$)
Agricultura	11	2.2	32	640
Industria y minería	37	1.0	26	2530
Servicios	52	2.1	42	2200
Promedio		1.7		1790
Total	100		100	

FUENTES: Banco Mundial, 1987 y 1989.

cápita en los tres sectores difiere sustancialmente: en la agricultura es de sólo US\$640, mientras que en la industria y en el sector de servicios es de US\$2530 y US\$2200, respectivamente.

A primera vista, es fácil concluir que la agricultura ha perdido importancia en la escena latinoamericana. No obstante, una observación más aguda revela que la agroindustria ha sido el principal componente del crecimiento de las manufacturas, que son, a su vez, la actividad industrial más dinámica (Lynam et al., 1987; Machado C., 1986; Banco Mundial, 1983). Además, la agricultura ha multiplicado sus vínculos con otras industrias --como la metalúrgica, la química y la de la construcción-- y con el sector de los servicios.

### La situación económica actual

El comportamiento económico de América Latina y el Caribe en la década de los 80 fue catastrófico, a tal punto que ésta ha sido denominada la "década perdida". Los problemas estructurales relacionados con una situación de alto monto de la deuda externa, los déficit fiscales permanentes, la hiperinflación, el desempleo, y la proliferación de economías paralelas e informales condujeron a la descapitalización y a la recesión en la región.

Como se indica en el Cuadro S1.2, la carga de la deuda en esta región adoptó proporciones enormes desde comienzos de esa década. Para superar la crisis, muchos

Cuadro S1.2. Algunos indicadores macroeconómicos para América Latina y el Caribe durante los 80.

Indicador	1981	1985	1989
Monto de la deuda (US\$, miles de millones)	290	377	415
Tasa de cambio real efectiva <sup>a</sup>	94	125	151 <sup>b</sup>
Balanza comercial (US\$, miles de millones)	-12	+29	+22
Transferencia de capital (US\$, miles de millones)	+10	-33	-25
Inflación (%)	58	275	994

a. Fuente: de Janvry y Sadoulet, 1990.

b. Para el año 1987.

FUENTE: CEPAL, 1989.

países recortaron los subsidios, redujeron las importaciones, e intentaron estimular las exportaciones mediante una devaluación drástica de la moneda. La balanza comercial de la región se tornó positiva hacia mediados de la década y, a medida que en la mayoría de los países realizaba esfuerzos valerosos para cumplir con el reintegro de la deuda y con las tasas de interés, la entrada de capital de principios de los 80 fue remplazada en ellos por una salida de capital. A causa del agravamiento de los términos de intercambio, el crecimiento del valor de las exportaciones fue inferior al que se esperaba. Además, la demanda doméstica y la necesidad de hacer inversiones productivas hicieron imposible limitar las importaciones hasta el nivel que tenían a mediados de los 80. Hacia finales de la década no se registró aumento en el excedente comercial.

La región no desarrolló una capacidad de pago que fuera suficiente para reducir la magnitud de la deuda, cuyo valor nominal aumentó durante toda la década.

Hacia finales de los 80, el déficit fiscal promedio ascendió hasta el 10.2% del PIB (Cuadro S1.3), lo que ocasionó un aumento vertiginoso de la inflación. Esto limitó aún más el funcionamiento de los mercados de capital y estimuló la fuga de divisas, reduciendo así el nivel de las inversiones.

Durante la década de los 80, el ingreso per cápita descendió en 1% anual; hacia finales de la década, la población fue, en promedio, un 10% más pobre que al

Cuadro S1.3. Gastos y déficit fiscales en América Latina y el Caribe, durante 1987.

País	Gastos fiscales como porcentaje del PIB (1987)	Déficit como porcentaje del PIB (1987)
Brasil	26.1	13.3
México	22.7	9.5
Venezuela	22.0	2.1
Colombia	14.7	-0.7
Costa Rica	28.3	4.8
Promedio regional para América Latina	n.d.	10.2
Promedio para los miembros de la OCED	28.4	4.4

OCED = Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo; n.d. = no disponible.

FUENTE: Banco Mundial, 1989.

comienzo de ésta. Sin embargo, el ingreso per cápita promedio de la región, estimado en US\$1780 en 1989, siguió siendo mayor que en Asia, donde fue de aproximadamente US\$700, y que en Africa, donde fue de sólo US\$470 (Banco Mundial, 1989).

Durante la década de los 80, cuando la economía mundial se contrajo, la agricultura creció más rápidamente que los demás sectores, aunque no tanto como la población humana. La agricultura ha superado al resto de la economía en este período principalmente, porque es un sector que se halla más a prueba de recesión que los otros. Esa superación se debe además al cambio en el marco político general, inducido en parte por la incapacidad para proseguir con la política del pasado que fue muy exigente en términos de subsidios e impuestos. Asimismo, se criticó fuertemente el modelo de la década de los 70, basado en la discriminación contra la agricultura, y se percibe ya en la mayoría de los países una reducción de esa política discriminatoria (Knutsen, 1988).

El crecimiento demográfico de América Latina y el Caribe alcanzó, en promedio, 2.4% durante la década de los 80. Este crecimiento se concentró casi totalmente en las áreas urbanas, las cuales representaban, hacia finales de la década, el 70% de los

440 millones de habitantes de la región. Para la década de los 90, se espera que el crecimiento demográfico descienda a 1.9%; ahora bien, si éste sigue concentrado en las zonas urbanas, la razón población urbana/población rural aumentará en 2.5% por año.

Tanto para el ingreso per cápita como para el crecimiento demográfico, las cifras promedio esconden diferencias considerables, no sólo entre los países sino dentro de ellos. Por ejemplo, las tasas de natalidad en el Cono Sur son inferiores a las de América tropical. Además, la cifra del ingreso promedio oculta diferencias notables entre pobres y ricos, que son características de esta región. CEPAL (1990) estima que 37% de los hogares de América Latina y del Caribe son pobres, es decir, tienen un ingreso inferior al doble de lo que se necesita para comprar la canasta familiar básica, y 17% de los hogares son indigentes, lo que significa que su ingreso es inferior al costo de la canasta familiar básica.

El Cuadro S1.4 indica que los patrones de pobreza de la región están cambiando. Durante la década de los 80, ambos tipos de pobreza aumentaron en el ambiente urbano. En las áreas rurales aumentaron los indigentes (pobreza absoluta), pero el porcentaje total de hogares pobres siguió siendo aproximadamente el mismo. En general, los niveles de pobreza son peores que antes, particularmente en el sector urbano. En 1970, 37% de los pobres pertenecía a este sector, pero hacia finales de los 80, 57% de ellos se encontraba en las ciudades. La pobreza extrema persiste principalmente en el sector rural, pero la proporción de ésta en el sector urbano aumentó de 31% en 1970 a 45% a fines de los 80.

En la década de los 80 se registró una pérdida en la ingesta promedio de calorías, en comparación con las décadas anteriores. Esto fue particularmente notorio en los países andinos y en el Cono Sur (Cuadro S1.5). En América Central y el Caribe, un aumento sustancial de la ayuda alimentaria contribuyó a mantener los niveles de ingesta nutricional.

La FAO (1990b) estima que, a mediados de la década de los 80, cerca de 55 millones de personas de la región padecían desnutrición. Los tres países donde la desnutrición prevaleció más fueron Haití, Honduras y Perú, en los cuales el suministro diario de calorías per cápita fue de 1902, 2078 y 2192, respectivamente (FAO, 1989). El riesgo de la desnutrición amenaza particularmente a los pobladores urbanos de bajos ingresos. Otra característica de la década de los 80 fue la reducción en los gastos de salud y educación en relación con el nivel que éstos tenían en la década de los 70.

¿Seguirá afectando la crisis de la deuda externa en el futuro las economías domésticas de América Latina y el Caribe tan profundamente como lo hizo en el pasado? En los círculos financieros, los funcionarios que toman decisiones adquieren cada día más conciencia de que es improbable que la región pague la deuda en su totalidad; por ello la deuda se ha convertido, desde hace poco tiempo, en un asunto negociable. El precio de los certificados de deuda, tomado como un porcentaje del valor nominal de

Cuadro S1.4. La pobreza en América Latina y el Caribe medida como porcentaje de hogares pobres y extremadamente pobres.

Tipo de hogar	1970	1980	1986
<b>Hogares pobres</b>			
Total	40	35	37
Urbanos	26	25	30
Rurales	62	54	53
<b>Hogares en pobreza absoluta</b>			
Total	19	15	17
Urbanos	10	9	11
Rurales	34	28	30

FUENTE: CEPAL, 1990.

Cuadro S1.5. Tasas de crecimiento, por década, de la ingesta per cápita de calorías en América Latina (porcentajes).

País	1960-1970	1970-1980	1980-1987
Brasil	0.7	0.6	0.1
México	0.6	1.2	0.8
América Central	0.8	0.5	0.6
El Caribe (excepto Cuba)	0.7	0.5	0.6
Países andinos	0.3	0.8	-0.1
Cono Sur	0.6	-0.2	-0.4
América Latina	0.6	0.6	0.2

FUENTES: FAO, 1987 y 1988.

éstos, se redujo a la mitad entre 1986 y 1989 (CEPAL, 19898). Esto sugiere que el impacto negativo que hace la amortización de la deuda en el crecimiento de la región disminuirá lentamente durante la década de los 90, y que la deuda será una carga cada vez menor para los países latinoamericanos. Sin embargo, no se podrá esperar un resurgimiento de los préstamos internacionales en la región hasta dentro de muchos años. Las instituciones financieras no olvidan: durante la próxima década, América Latina tendrá que depender en gran medida de la financiación interna.

¿Lograrán América Latina y el Caribe aumentar las ganancias que perciben del comercio internacional para financiar con ellas importaciones vitales para el crecimiento económico? Durante la década de los 80, el capitalismo se estableció como el sistema económico dominante a nivel mundial, y la teoría del libre comercio y de la división internacional del trabajo recibió mucho apoyo. Al parecer, hay buenas posibilidades de tener un período de paz internacional que permita el desarrollo del comercio internacional. Aunque ha habido fuerte presión para reducir la política proteccionista en la ronda de negociaciones del GATT (General Administration of Trade and Tariffs) en Uruguay, ésta no se ha traducido aún en medidas concretas. Hay indicios de que el comercio aumentará, pero esto ocurrirá dentro de los bloques económicos, como la Comunidad Económica Europea (CEE) o la Asociación Norteamericana de Libre Comercio (en inglés NAFTA), y no a un nivel verdaderamente internacional. En ese ambiente, la capacidad para aumentar rápidamente las exportaciones depende en buena parte del poder de negociación, respecto al cual es difícil ver las ventajas de América Latina a menos que se fortalezcan los bloques regionales prácticos, por ejemplo, las uniones aduaneras. Desarrollos recientes como Mercosur y el Pacto Andino son, sin duda, un paso en la dirección correcta. Además, es preciso asegurarse de que el aumento de los pagos de la deuda no absorba totalmente las ganancias obtenidas por el incremento de las exportaciones, si se espera invertir esas ganancias en las importaciones vitales.

En resumen: la crisis de la deuda de América Latina y el Caribe se está aliviando lentamente, pero limitará la financiación internacional en el futuro; los gobiernos de la región están experimentando serias dificultades para administrar esta crisis, y para mantener su papel de proveedores de servicios públicos; la orientación de los gobiernos hacia las exportaciones, que inicialmente dio resultado, se ha hecho menos efectiva porque se redujeron los términos de intercambio, a lo que se suman el aumento de los requisitos de importación y una posición de negociación débil. En consecuencia, la pobreza ha aumentado, especialmente en las ciudades, y la región enfrenta actualmente más problemas de bienestar social que a comienzos de los años 80.

Sin embargo, la política macroeconómica se modificó para responder a la crisis. Actualmente, el ambiente económico de los países de América Latina y del Caribe se asemeja más a las condiciones del mercado libre que en cualquier época anterior. Si se puede controlar la inflación y se negocian las soluciones para los demás problemas de la deuda, las condiciones para lograr un crecimiento económico renovado en los 90 serán mejores que en los 80.

## **Crecimiento económico y agrícola en la próxima década**

América Latina y el Caribe enfrentarán grandes retos en la década de los 90. La mayoría de los países de la región tendrá que aspirar al crecimiento económico en condiciones de escasez de capital extranjero y de tasas de interés reales altas. La política monetaria tendrá que ser conservadora para restringir el crecimiento de la inflación. Habrá poco dinero disponible para invertir en problemas de equidad, y éstos en cambio tendrán que abordarse con estrategias específicamente orientadas. Al mismo tiempo cobrarán mayor importancia los asuntos relacionados con la conservación de los recursos naturales. Por lo tanto, los gobiernos dispondrán de un estrecho margen de maniobra.

Los países de la región tendrán que buscar nuevos mercados de exportación para mejorar su balanza de pagos. Dada la reducción del espacio para el uso de instrumentos políticos, estos países tendrán que adherirse cada vez más al principio de la ventaja comparativa. Para desarrollar nuevos mercados, las tecnologías que reduzcan los costos y aumenten la ventaja comparativa desempeñarán una función clave.

En los sitios en que el capital de inversión sea limitado y donde los gobiernos tengan que reducir sus actividades, la clave del desarrollo económico no residirá en que haya pocas iniciativas nacionales de grandes dimensiones, sino en un gran número de iniciativas locales de tamaño reducido. El pequeño agricultor y el sector informal se perciben a menudo como tema de la política gubernamental de redistribución del ingreso; pues bien, en la próxima década no habrá recursos disponibles para tales políticas, y la única forma de atender la pobreza de aquéllos (los pequeños y los informales) será vinculándolos a mercados en expansión (de Janvry y Sadoulet, 1990; Nores, 1990). Estos mercados pueden hallarse en las nuevas oportunidades de exportación y en los productos básicos internos que sean más dinámicos. Durante las últimas tres décadas, la urbanización rápida, el aumento de los ingresos, y las nuevas tecnologías han contribuido a cambiar los hábitos alimenticios de América Latina. Los productos perecederos, los que no son susceptibles de transformación o los de poco valor, como las leguminosas y los cultivos de raíces y tubérculos, perdieron su cuota del mercado frente a alimentos de fácil almacenamiento, más elaborados y más convenientes. La agroindustria, que originalmente dependía de los alimentos importados, se aproximó a las regiones productoras del interior, lejos de los puertos, y se diversificó, fortaleciendo así los vínculos de la industria con la agricultura.

Los agricultores y los pequeños empresarios del sector informal están acostumbrados a ganarse la vida en condiciones de escasez de capital. Dado el clima económico de la región en la década de los 90, estos dos grupos pueden estar en mejores condiciones de contribuir al crecimiento que las empresas con uso intensivo de capital, las cuales han constituido tradicionalmente la base del crecimiento.

El resurgimiento de la finca pequeña como unidad empresarial no implica el fin de los problemas de equidad. En las zonas urbanas, la disponibilidad de alimentos para los pobres seguirá siendo un asunto importante. En las áreas rurales, es probable que el aspecto de equidad dominante sea no tanto el consumo de alimentos como el acceso a los servicios básicos.

Si se comprende bien este escenario, puede esperarse un crecimiento económico modesto, de alrededor de 1.5% per cápita por año, durante la década de los 90.

## **Tendencias económicas y agrícolas de largo plazo**

La generación de tecnologías es un proceso lento que requiere un tiempo considerable antes de su culminación, tanto en la investigación como en la difusión de los resultados de ésta. Para elegir un programa de investigación adecuado es necesario considerar las predicciones a largo plazo. La extrapolación de las tendencias actuales no resulta confiable cuando se trata de hacer predicciones a largo plazo; en consecuencia, el análisis debe dirigirse hacia la comprensión de los mecanismos básicos que explican las tendencias.

**Dotación relativa de factores en la región.** El principio de la ventaja comparativa es la clave para entender la distribución internacional del trabajo. Las ventajas comparativas dependen mucho de los factores de producción con que cuenta el país o la entidad (dotación de factores). El Cuadro S1.6 compara la dotación de factores de diferentes regiones del mundo.

América Latina y el Caribe poseen gran cantidad de tierra, aunque no de tan buena calidad como la de América del Norte. La disponibilidad de mano de obra no es tan grande como en Asia, pero se compara favorablemente con la de América del Norte. El nivel educativo de la fuerza laboral latinoamericana es inferior al de Asia y América del Norte. La dotación de capital de América Latina es bastante limitada, por dos razones: primero, las tasas de interés al ahorro son bajas, y segundo, habrá menos préstamos disponibles para América Latina durante mucho tiempo. La calidad del capital en esta región, expresada en términos de la flexibilidad y transparencia de los mercados financieros, es también inferior a la de América del Norte y a la de Asia.

Esta evaluación de la dotación de factores sugiere que la agricultura es el sector en el cual América Latina y el Caribe tendrán las mejores oportunidades para el comercio internacional, pero que América del Norte, con su gran disponibilidad de tierra de buena calidad, será un competidor fuerte, especialmente en granos alimenticios y en semilla de oleaginosas. Las estrategias de exportación basadas en la industria requieren una oferta abundante de mano de obra calificada y una inversión sustancial, y son por ello más factibles en los países asiáticos. La ventaja en servicios internacionales, que normalmente requieren mano de obra altamente calificada, seguirá siendo por algún tiempo patrimonio del mundo desarrollado.

Cuadro S1.6. Determinación de la dotación de factores de producción que poseen diferentes países.

Factor	América Latina	Asia	Africa	América del Norte
<b>Tierra</b>				
Disponibilidad	+	-	+	+
Calidad	±	±	-	+
<b>Mano de obra</b>				
Disponibilidad	±	+	±	-
Calidad	±	+	-	+
<b>Capital</b>				
Disponibilidad	-	+	-	±
Calidad	±	+	-	+

FUENTE: Estimaciones de los autores.

**Crecimiento esperado y motores del crecimiento en América Latina.** Tenemos actualmente en esta región una agricultura más compleja, intrínsecamente relacionada con el resto de la economía.

Vínculos muy fuertes hacia adelante y hacia atrás en la cadena de la producción hacen de la agricultura un sector único para reactivar el motor económico, y son además la justificación del trato que se le da como sector estratégico del desarrollo (Mellor, 1989). Las perspectivas para el crecimiento económico de largo plazo en los países latinoamericanos están muy relacionadas con tres aspectos. En primer lugar, la estabilidad política; este factor es crucial en el medio económico de un país, y afecta las relaciones laborales, el riesgo de la inversión, y la estabilidad de las políticas del gobierno. En segundo lugar, una oferta constante de divisas: como hemos visto, la perspectiva de obtener empréstitos internacionales es desalentadora para América Latina y el Caribe, y los países de esta región tendrán que depender de otras formas de obtención de divisas. En tercer lugar, el grado de orientación de un país hacia el exterior: una economía más abierta ayuda a que un país desarrolle mercados de exportación y sea competitivo, o llegue a serlo.

A largo plazo, el sector agrícola de América Latina y del Caribe se verá menos desfavorecido que durante la década de los 70 o de los 80. En vez de ser sacrificada al crecimiento industrial y convertida en una fuente de ingreso del gobierno, la agricultura puede convertirse en motor del crecimiento económico; ahora bien, esta función variará según el país de que se trate. Aunque América Latina, en su conjunto, posee tierra en abundancia, sus países no están dotados con ella en forma homogénea:

la mayoría posee gran cantidad de tierra y puede desarrollar ventajas comparativas considerables en la agricultura, pero en México y en algunos del Caribe la tierra es relativamente escasa. A pesar de que estos países pueden desarrollar exportaciones agrícolas especializadas de algunos productos, el potencial de la agricultura para promover el crecimiento económico de todo el país es limitado.

Quizá sean más reveladoras que la dotación absoluta de factores las tendencias recientes de la razón relativa [tierra/mano de obra]. Por ejemplo, la FAO (1988) halló que entre los períodos 1961-1963 y 1984-1985, países como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Cuba, República Dominicana, Paraguay, Surinam y Uruguay aumentaron su razón [tierra/mano de obra]. Países como Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua redujeron esa razón. En cambio, Colombia, Costa Rica, Haití, Panamá y Venezuela mantuvieron esa razón igual tanto al final como al comienzo del período de análisis.

No sólo se observaron diferencias entre los países, sino también de una década a otra. La expansión de las fronteras fue una causa importante del crecimiento de la producción en las décadas de los 60 y de los 70: en efecto, la restricción de algunos factores de producción en los 80 exigió mayor intensificación (mayores rendimientos) como fuente del crecimiento de la producción (Cuadro S1.7).

La modernización de la agricultura ha sido el resultado lógico de una fuerza laboral rural que se hallaba estancada, y de la presión que se ejercía sobre la agricultura para hacerla más eficiente. Las estadísticas de la FAO muestran que, para mantener en la región la producción de alimentos en un nivel constante per cápita durante los 80 (un aumento de 26% en la producción de cereales), el uso de fertilizantes aumentó en 40%, y el número de tractores en 82%. Esta tendencia deberá continuar si se proyecta para el año 2000 una población rural de 125 millones, y se acepta que la población urbana crecerá en 50% (de 275 a 400 millones) y la expansión de la frontera agrícola se detendrá. Además de la tendencia a usar más los insumos modernos, existe otra hacia la especialización (determinada por los activos de maquinaria y la necesidad de lograr economías de escala) y hacia la integración de operaciones ya sea vertical (capturando márgenes de comercialización como en las operaciones en que intervienen granos, alimento para animales, y aves de corral) o ya horizontal (en cooperativas y asociaciones de productores).

En conclusión, puede afirmarse que algunos países latinoamericanos, como México y Venezuela, experimentarán un crecimiento económico sano, en el cual la agricultura ocuparía un papel menor pero estratégico; otros países, como los del Caribe, lograrán poco crecimiento y su agricultura tendrá cuando más un papel intermedio; los países de América Central enfrentarán probablemente un crecimiento bastante lento, pero en él habrá un papel importante para la agricultura; y unos pocos países, particularmente Brasil, Paraguay y Colombia, podrán crecer a un ritmo medianamente rápido, y en ellos la agricultura desempeñará un papel vital. Las tecnologías agrícolas que se desarrollen para estas condiciones tendrán que satisfacer un amplio espectro

Cuadro S1.7. Evolución del rendimiento de algunos cultivos en América Latina.

Cultivo	Tasas de crecimiento anuales <sup>a</sup>		
	1966-1970	1970-1980	1980-1988
Maíz	ns	1.9	ns
Arroz	ns	0.9	2.6
Trigo	ns	ns	3.5
Sorgo	ns	3.3	ns
Soya	ns	2.1	ns

a. ns = no significativo al nivel de 10%.

FUENTE: Estimaciones del autor basadas en datos de la FAO.

de opciones si desean tener en cuenta las diferencias que se presentarán en los costos de la mano de obra o en el uso de insumos. Según la importancia que tenga la agricultura en un país dado, la voluntad de éste para invertir en tecnología agrícola diferirá sustancialmente de la de otros países.

**Alternativas para el desarrollo agrícola.** La productividad de la mano de obra industrial y las tendencias migratorias, la factibilidad del desarrollo de las fronteras, y los precios de la energía afectarán sustancialmente el desarrollo agrícola del futuro. Se prevén alternativas muy heterogéneas para el desarrollo agrícola de la región, de las cuales deseamos destacar las cinco siguientes:

1. La explotación agrícola intensiva en el perímetro urbano. Esta alternativa de desarrollo consume mano de obra y se observará cerca de los centros urbanos. Responde al hecho de que no todos los que emigran del campo serán absorbidos por el empleo urbano. Su lugar de residencia les dará acceso a un estilo de vida urbano, pero seguirán empleados en el sector rural. Esta ruta de desarrollo requiere ya sea mercados urbanos grandes para productos como las hortalizas y las frutas, o ya una demanda de exportación (por ejemplo, la producción de flores en la Sabana de Bogotá, o la fruta chilena para exportación). Esta alternativa requiere una buena infraestructura. Habrá problemas ambientales típicos de las zonas intensamente cultivadas, a saber: el abuso de los plaguicidas y el deterioro del nivel freático. El acceso a los mercados estimulará el establecimiento de empresas agrícolas con un gran número de empleados, y la integración de los agricultores en cooperativas o en canales verticales de mercadeo.

Entre los principales retos que afronta esta alternativa de desarrollo están la elección de productos cuya demanda tenga alta elasticidad precio; la intensificación de la movilidad de los factores de producción, particularmente de la tierra; y el buen manejo de los conflictos entre el uso agrícola y otros usos de los recursos, por ejemplo, agua para riego o para consumo urbano.

2. La explotación agrícola de tierras marginales. Esta alternativa de desarrollo se aplica a las fincas pequeñas o medianas ubicadas en terrenos menos fértiles y a mayor distancia de los principales mercados. Sus ocupantes se han visto forzados frecuentemente a abandonar las regiones más fértiles. Estos sistemas agrícolas presentan serios problemas de sostenibilidad, como generación de bajos ingresos, presión sobre recursos frágiles, y erosión. El desarrollo de estos sistemas debe basarse en el aumento de la razón [tierra/mano de obra], es decir, propiciando la emigración de parte de la población y recomendando un uso más extensivo de la tierra al resto de la población; de este modo se reducirá la presión sobre los recursos naturales.
3. La explotación agrícola comercial de la tierra fértil. Estos sistemas agrícolas suelen encontrarse en áreas grandes del continente donde actualmente se producen los granos básicos para la población urbana. Se trata de una alternativa de desarrollo que es neutral respecto a los factores de la producción, dentro de los límites impuestos a la expansión del área y al costo del transporte. Al tiempo con ella, el crecimiento de la demanda, la emigración, y el envejecimiento de la población crearán la necesidad de aumentar la productividad de la mano de obra.

Esto implica una mayor mecanización agrícola y una tendencia hacia sistemas menos diversificados. El reto será aumentar la eficiencia de manera sostenida, evitando los problemas actuales de los sistemas agrícolas especializados, como el uso excesivo de los agroquímicos, las malezas, y la erosión.

4. La intensificación del uso de tierras de poco valor ambiental pero con potencial agrícola. Esta alternativa de desarrollo --por ejemplo, el uso intensivo de las sabanas de suelos ácidos-- da oportunidad para intensificar sustancialmente los bajos niveles actuales de productividad. Esto implica aumentar tanto la productividad de la tierra como la productividad de la mano de obra. La expansión del área cumpliría una función clave en el proceso.

El aspecto crítico de esta alternativa de desarrollo es el siguiente: en un escenario económico en que los precios de la energía aumentan afectando los costos del transporte y de los insumos, ¿podrán las sabanas competir con las regiones más cercanas a los mercados?

5. Intensificación del uso de tierras ambientalmente valiosas pero con bajo potencial agrícola. Esta alternativa se refiere a la explotación del bosque húmedo con cultivos y con ganadería. En el pasado, la explotación de los bosques húmedos se

orientaba notoriamente a 'aprovechar la tierra' y contaba con el acceso libre a ese recurso. Los graves problemas ambientales resultantes de tal uso de la tierra han llevado a los gobiernos a cuestionar su validez. Se extiende cada vez más el consenso sobre la necesidad de comprender mejor este ecosistema, y sobre el compromiso que esto supone para los diseñadores de una tecnología más apropiada. Resulta claro que aquí la alternativa de desarrollo adecuada, si hay alguna, es el empleo de la mano de obra. Esto implica la necesidad de establecer un conjunto de políticas precisas que estimulen el empleo de la mano de obra.

**Energía y desarrollo agrícola.** Las alternativas de desarrollo descritas anteriormente pueden ser sensibles a los costos de la energía. El aumento esperado de los precios del petróleo puede afectar negativamente el desarrollo de las zonas marginales en los países importadores de petróleo más de lo que se había previsto, puesto que los subsidios del transporte se vuelven inmanejables. Lo contrario resultaría cierto para exportadores de petróleo como México, Venezuela, Ecuador, Colombia y Bolivia. Entre los importadores de petróleo, el resurgimiento de las fuentes agrícolas de energía (como PROALCOL) recuperará la credibilidad, y desviará recursos destinados a la producción de alimentos. Los insumos químicos se harán más costosos, lo cual impondrá un uso más eficiente de los mismos dentro de un enfoque de manejo integrado de cultivos, y llevará a la sustitución de productos químicos por un manejo más adecuado.

**Desarrollo agrícola y conservación de los recursos naturales.** El aumento de la densidad de población y de la pobreza constituyen una mezcla poderosa que causará la sobreexplotación, la degradación y el agotamiento de los recursos naturales. Un mecanismo económico básico para aumentar la preocupación por la sostenibilidad es darle mayor valor al ingreso futuro. En otras palabras, estar en condiciones de aplicar tasas bajas de descuento que no graven los ingresos futuros excesivamente con respecto a los actuales. Sin embargo, esto no sucederá en condiciones de pobreza absoluta, ya que la población pobre valora mucho el ingreso actual, y considera correcto usar los recursos inmediatos como la única alternativa para mejorar su situación. Asimismo, la mayoría de los países cuyo régimen democrático es de corto plazo valorará sustancialmente los ingresos inmediatos, en particular si la carga de la deuda externa y los déficit fiscales son altos en momentos en que se deterioran los términos de intercambio y se reduce el acceso a los mercados.

La participación de la agricultura en el crecimiento de un país también afectará la actitud de éste hacia la sostenibilidad de la agricultura. Los países en que la agricultura cumple una función importante, y que están experimentando un crecimiento rápido, reconocerán probablemente la importancia de los asuntos relativos a la sostenibilidad; enfatizarán el aporte de la tecnología al crecimiento, pero, al mismo tiempo, buscarán hacer un uso más sostenible de sus recursos naturales. Los países en que el crecimiento es rápido pero el papel de la agricultura es de menor importancia, podrán permitirse una actitud conservacionista hacia la agricultura sostenible, porque su futuro no depende de ella. Estos países podrán elegir la

protección de los recursos en reservas naturales, o la adopción de una legislación que restrinja las prácticas que atenten contra la sostenibilidad. Los países que están experimentando un crecimiento lento, pero cuya agricultura cumple una función importante, tenderán a minar los recursos naturales básicos hasta que se haya acelerado su crecimiento. En los países en que el crecimiento es lento y donde la función de la agricultura es de menor importancia, la sostenibilidad no será probablemente un asunto de consideración. Estas cuatro actitudes ya se encuentran, o se encontrarán, en América Latina y el Caribe, región en que el papel de la agricultura en el desarrollo varía considerablemente de un país a otro. Esto significa que serán muy diversas las solicitudes de tecnología agrícola que harán estos países a instituciones como el CIAT.

**Exportación de productos agrícolas.** ¿A qué clase de exportación agrícola debe apuntar el continente? Dos aspectos influyen en la respuesta a esta pregunta. El primero es la diferencia que hay entre autosuficiencia alimentaria y autoseguridad alimentaria. Aunque el concepto de autoseguridad alimentaria obtuvo recientemente considerable apoyo en los foros de desarrollo, está por verse la inclinación de los países a depender de los mercados internacionales para su abastecimiento de alimentos.

El segundo aspecto es el de los costos del transporte internacional. Actualmente se puede enviar una tonelada de trigo desde el Golfo de México hasta Egipto por sólo US\$30 (FAO, 1990a). Aunque los precios internacionales del petróleo y, en consecuencia, los costos del transporte son volátiles, se espera que tenderán a aumentar a mediano y a largo plazo, porque se han reducido las reservas de los proveedores de petróleo que no pertenecen a la OPEP (IMF, 1990). Este hecho sugiere que es mejor concentrarse en productos cuya razón costo de transporte/valor del producto sea baja. Para las exportaciones latinoamericanas, esta recomendación apunta a los cultivos de alto valor, que necesitan experimentar una considerable demanda para contribuir al crecimiento doméstico. Deben tenerse en cuenta las frutas, las flores y las hortalizas que no son de estación, al igual que el café, el cacao, el azúcar, el banano y la carne (especialmente la de pollo y la de res), y posiblemente las semillas de oleaginosas y los granos de leguminosas.

La inversión en la agricultura y en la generación de tecnología agrícola parece ser una buena alternativa para América Latina y el Caribe. El trabajo debe concentrarse en mejorar la ventaja de este continente en el costo de la mano de obra ligada a los productos de alto valor, y en aumentar la capacidad productiva de su tierra la cual, aunque abundante, es relativamente estéril. El impulso que experimentará el desarrollo agrícola bien puede desencadenar el crecimiento agroindustrial tanto en el sector de insumos como en el de procesamiento.

**Empleo.** La agricultura todavía proporciona una cantidad considerable de empleo en América Latina y el Caribe, pero ya no es el sector que absorbe la mayor parte de la mano de obra, como sucede aún en Asia y África. El ingreso promedio del sector

agrícola es inferior a la tercera parte del que se percibe en otros sectores. En Asia, la agricultura es considerada el generador de empleo de la sociedad, lo que no se cumple ya en América Latina y el Caribe, donde el sector de servicios se ha convertido en la principal fuente de empleo.

Si la generación de empleo ha cambiado del sector agrícola hacia el de servicios, entonces el principal reto para el sector agrícola en las próximas décadas será aumentar su ingreso per cápita. En consecuencia, el aumento de la productividad de la mano de obra será un objetivo clave para el desarrollo agrícola. Tanto las tecnologías basadas en el germoplasma y otras similares, las cuales elevan el rendimiento, contribuirán a aumentar la productividad de la mano de obra; necesitarán, sin embargo, complementarse con una mecanización apropiada para eliminar el exceso de mano de obra en las operaciones agrícolas en pequeñas y medianas empresas. Para muchas de ellas, éstos serían sus primeros pasos en la vía de la mecanización; en consecuencia, el retorno esperado a las inversiones hechas en ellas sería alto.

Las oportunidades de aumentar la productividad de la mano de obra no son iguales para los diferentes ecosistemas de la región. Por ejemplo, en muchas áreas de ladera el potencial para aumentar la productividad de la mano de obra es muy limitado. Para evitar que continúen emigrando los pobladores de estas regiones, será necesario crear nuevas oportunidades de generación de ingreso. Esto requerirá el diseño de una política de empleo para las industrias y los servicios rurales, así como para la agricultura.

**Vínculos entre sectores.** Como lo señalan Piñeiro (1988) y Mandler (1987), el sector agrícola de América Latina y el Caribe se está integrando cada vez más al resto de la economía. El consumo intermedio del sector agrícola asciende a 29% del valor bruto de su producción, y 34% de la producción agrícola bruta es un insumo que recibe otro proceso productivo. El CIAT (véase Sección 2 del presente volumen) sugiere que el cambio técnico en la producción agrícola genera ganancias sustanciales en términos de bienestar social tanto en el sector agrícola como en el resto de la economía. Tratándose del arroz y del frijol, se estima que los efectos desencadenados por un mejor ingreso en el resto de la economía serían 78% y 41% de los beneficios directos recibidos por los productores y consumidores, respectivamente.

Por lo tanto, aunque el papel de la agricultura en la economía total de la región es relativamente pequeño, el desarrollo agrícola desencadenará un crecimiento sustancial en otros sectores. La capacidad de este sector para inducir el crecimiento agroindustrial y el desarrollo rural debe tenerse en cuenta en la planeación nacional. Un aspecto importante es la forma de vincular el sector de los pequeños productores a los mercados en expansión.

## **Implicaciones para la generación de tecnología agrícola**

Como hemos visto, las circunstancias económicas de los países latinoamericanos variarán sustancialmente para el 2000 y los años siguientes, lo cual afectará la actitud de dichos países hacia la generación de tecnología agrícola. Para algunos países, las tecnologías orientadas hacia el uso sostenible de la tierra serán la clave del crecimiento, mientras que para otros, el aumento de la productividad a corto plazo será el aspecto que deba considerarse con más urgencia. Es probable que se reduzca el papel del sector público en la generación y difusión de tecnología, a causa de sus problemas presupuestales. Las organizaciones privadas entrarán posiblemente a colmar ese vacío; tales organizaciones tienen un buen conocimiento de los asuntos locales, pero poco acceso a los que establecen la política.

Las limitaciones fiscales y financieras que los gobiernos deben enfrentar les obligarán a elegir cuidadosamente las intervenciones con que tratarán de lograr el crecimiento. Como será difícil contar con precios de garantía o con créditos subsidiados, la principal fuente de crecimiento será la generación y la difusión de tecnología, en la medida en que éstas amplían en lugar de encubrir las ventajas comparativas.

La agricultura es objeto actualmente de una fuerte presión para aumentar la productividad de la mano de obra y del capital, que aumenta a medida que el modelo de expansión de fronteras se ve limitado por las restricciones financieras. La modernización y la orientación más comercial de los agricultores exigirán un germoplasma con alta respuesta a la aplicación de insumos, el cual, idealmente, debería también producir rendimientos aceptables con niveles bajos de insumos. La demanda de mecanización requiere un rango de alternativas más amplio del que se dispone actualmente. La falta de alternativas es particularmente notoria cuando se compara con la amplia variedad de máquinas pequeñas y medianas que se utiliza en Asia.

El desarrollo de tecnologías debe concentrarse en dos grupos de productos. Debe dirigirse primero hacia la reducción de los costos de los productos básicos de alto valor, como las hortalizas y los productos de origen animal, que tienen un potencial de exportación. En segundo lugar, debe enfocarse en los alimentos básicos urbanos que forman la base de la dieta de la población de escasos recursos; en aquéllos es posible que, o bien exista ya una ventaja comparativa (aunque ésta requiere conservar los adelantos tecnológicos), o bien se desarrolle mediante tecnologías que reduzcan los costos. Aunque la disparidad tradicional en el nivel de ingreso de las gentes de América Latina persiste, el foco de la pobreza absoluta se está moviendo de las áreas rurales a las urbanas. La cuestión de la disponibilidad de alimentos para la población urbana de escasos recursos podría atenderse en parte con importaciones cuando no es posible desarrollar ventajas comparativas. Para reducir la porción correspondiente a los alimentos en el gasto de la población de escasos recursos, sin depender exclusivamente de las divisas, y para garantizar niveles adecuados de autoseguridad alimentaria, es necesario aumentar la producción

de alimentos de primera necesidad con tecnologías que reduzcan los costos. Además, para continuar aliviando la pobreza urbana será necesario poner más énfasis en el desarrollo del sector informal.

La tendencia hacia la producción de alimentos más elaborados, con mayor valor agregado, implica una mengua en la enorme importancia que los mejoradores solían dar a las características físicas del producto vegetal natural, basados en lo que se interpretaba como las preferencias de los consumidores. Si el producto será usado como materia prima para la producción de alimento para animales o de harina, por ejemplo, el tamaño, la forma y el color de éste pierden importancia, ya que el costo relativo de los nutrimentos que contenga es lo que realmente importa en la preparación de mezclas de costo mínimo.

Por diversas razones, se debe evaluar de nuevo la eficacia de la tecnología agrícola para abordar el tema de la equidad rural. En primer lugar, la pobreza rural ha dejado de aumentar, a pesar de las condiciones poco promisorias de la última década. En segundo lugar, la factibilidad de las estrategias para aliviar la pobreza está seriamente amenazada por la limitación de los recursos gubernamentales. En tercer lugar, la capacidad de los agricultores de escasos recursos para hacer un uso productivo de cantidades pequeñas de capital se considera actualmente un recurso. Finalmente, la absorción de empleo se ha hecho mayor en el sector de servicios que en el agrícola.

Es el momento de aplicar las estrategias que acelerarán la transformación de los agricultores de subsistencia en pequeños empresarios, lo cual aumentará la productividad de la mano de obra y creará oportunidades de empleo rural en sectores diferentes a la agricultura. Para algunos pequeños agricultores esta transformación puede lograrse aumentando la productividad de sus fincas y orientándolas al mercado; para otros, ella traería consigo el abandono de la agricultura por otros tipos de actividad económica. Un reto tecnológico importante de la década de los 90 será, primero, integrar la pequeña agricultura a formas más amplias de desarrollo rural productivo, como el procesamiento en poscosecha, y segundo, desarrollar agroindustrias de pequeñas dimensiones, así como otras actividades rurales de servicio.

## **Resumen y conclusiones**

La política de ajuste estructural, con una economía más abierta, está creando en el sector agrícola un ambiente que es difícil, pero cuyos incentivos económicos están menos distorsionados. Dicho ambiente permitirá que la tecnología agrícola funcione gracias a sus propios méritos, y no valiéndose de medidas de apoyo. Es necesario aprovechar esta oportunidad para que las mejoras tecnológicas contribuyan significativamente al crecimiento económico. Si la generación de tecnologías y su difusión no tienen éxito, puede haber presiones que reviertan el proceso hacia la intervención política; además, la influencia ejercida por ciertos grupos de interés distorsionaría nuevamente los incentivos económicos, disminuiría la competitividad de

las exportaciones, y reduciría el crecimiento. Este resultado aumentaría la distancia que separa a América Latina y el Caribe de los países desarrollados.

Para el sector agrícola, muchas tendencias recientes apuntan en la misma dirección: la necesidad urgente de incrementar la eficiencia y la modernización para mantener las tasas de crecimiento sin que la expansión del área explotada sea grande, y la necesidad de conservar los recursos que conduce al establecimiento de sistemas agrícolas sostenibles. En otras palabras, hay que desarrollar tecnologías más eficientes y sostenibles. Es necesario desarrollar tecnologías que reduzcan los costos, que permitan expandir los mercados domésticos, y que aumenten la competitividad de los productos en el mercado externo. No vale la pena discutir si el crecimiento se debe inducir desde dentro o desde fuera; el aumento de la eficiencia es siempre un requisito de las economías abiertas. Las nuevas tecnologías, diseñadas en el contexto de la expansión de los vínculos de la agricultura con otros sectores, generarán a su vez más ingreso, y garantizarán que el crecimiento interno ejerza también un efecto importante de tracción en la agricultura, aumentando la demanda derivada y la agregada. En este contexto, es indispensable vincular las fincas pequeñas y medianas a los mercados en expansión.

Para comprender el crecimiento agrícola desde un ángulo tecnológico, es conveniente reconocer que hubo un aumento de movilidad en los factores de producción. Las alternativas de desarrollo descritas anteriormente conducirán a una mayor diferenciación entre las regiones y los países.

Los aspectos ambientales serán, cada vez más, un elemento clave de negociación entre la región y sus socios comerciales actuales o potenciales. Para facilitar este proceso internacional de negociación, es urgente comprender aspectos como las interrelaciones entre la alternativa de desarrollo, el acceso a los productos y a los mercados de capital de los países desarrollados, la pobreza, y el ambiente.

La investigación de los sistemas de producción, dentro de una perspectiva de uso de la tierra, tiene cada día mayor demanda. En efecto, la preocupación por la sostenibilidad --en que la mayor productividad y un nivel más alto de equidad se equiparan con la conservación de los recursos naturales-- trasciende más y más la estrategia del producto básico; por ello, los asuntos relacionados con producción y conservación se trasladan al campo de un mejor conocimiento de los sistemas agroecológicos y de su entorno socioeconómico.

## Referencias

- Banco Mundial. 1983. Brazil: Industrial policies and manufactured exports. Washington, DC, E.U.
- Banco Mundial. 1987. World development report 1987. Washington, DC, E.U.
- Banco Mundial. 1989. World development report 1989. Washington, DC, E.U.
- CEPAL. 1989. Balance preliminar de la economía de América Latina y el Caribe. Notas sobre la economía y el desarrollo 485/486:1.
- CEPAL. 1990. Magnitud de la pobreza en América Latina en los años ochenta. Santiago de Chile. (Manuscrito.)
- de Janvry, A. y Sadoulet, E. 1990. Rural development in Latin America: Relinking poverty reduction to growth. University of California, Berkeley, CA, E.U. (Manuscrito.)
- FAO. 1987. Agriculture: Toward 2000. Twenty-fourth session, Roma, noviembre 1987. ed. rev. Roma, Italia. 308 p.
- FAO. 1988. Potentials for agricultural and rural development in Latin America and the Caribbean. Roma, Italia.
- FAO. 1989. Food balance sheets 1984-1986. Roma, Italia. (Datos no publicados.)
- FAO. 1990a. Food outlook: June 1990. Roma, Italia.
- FAO. 1990b. La malnutrición en la región de América Latina y el Caribe: Causas y prevención. Trabajo presentado en la vigésima primera Conferencia Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, julio 1990.
- García, J. y Montes, G. 1989. Trade, exchange rate and agricultural pricing policies in Colombia. En: The political economy of agricultural pricing policy; World Bank comparative studies. Banco Mundial, Washington, DC, E.U.
- IMF. 1990. World economic outlook. Washington, DC, E.U.
- Knutsen, O. 1988. The political economy of agricultural policy reform in Latin America. Trabajo presentado en la vigésima reunión de la International Agricultural Economics Association, Buenos Aires, Argentina.
- Krueger, A. O.; Schiff, M. y Valdés, A. 1990. The political economy of agricultural pricing policy. Banco Mundial, Washington, DC, E.U.

- Lynam, J.; Ibañez-Meier, C.; Gontijo, A.; Janssen, W.; Sanint, L. y Sáez, R. 1987. Global cassava research and development: The cassava economy of Latin America; a food staple in transition. CIAT, Cali, Colombia. (Manuscrito, paginación varía.)
- Machado C., A. (comp.). 1986. Problemas agrarios colombianos. Corporación de Estudios Ganaderos y Agrícolas (CEGA), Bogotá, Colombia. 467 p.
- Mandler, P. 1987. Sobre indicadores de la importancia económica de la agricultura y sus limitaciones. Informe preparado para el IICA. San José, Costa Rica.
- Mellor, J. 1989. Agriculture, growth and poverty alleviation. Trabajo presentado en la Reunión Anual de la Western Economic Association, junio 1989. Lake Tahoe, NV, E.U.
- Nores, G. A. 1990. Discurso de posesión. CIAT Internacional 9(1):suplemento.
- Piñeiro, M. E. 1988. Agricultura y desarrollo económico en América Latina y el Caribe: Algunas ideas para la reflexión y la acción. IICA, San José, Costa Rica. (Manuscrito.)



## REVISIÓN DEL CONJUNTO DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS BÁSICOS QUE INVESTIGA EL CIAT: INDICADORES DE SU IMPORTANCIA ACTUAL Y FUTURA

Willem Janssen, Luis R. Sanint,  
Libardo Rivas y Guy Henry\*

### Introducción

Como parte del ejercicio de planeación estratégica del CIAT, se analizó un conjunto de cultivos o productos básicos --algunos pertenecen al mandato recibido por el CIAT-- en términos de su contribución a los tres principales objetivos del centro: el crecimiento, la equidad, y la conservación de los recursos naturales. Esta sección explica los métodos empleados para hacer ese análisis, y discute los resultados obtenidos.

### Métodos para clasificar las prioridades de la investigación y las implicaciones que tienen para el CIAT

Desde que el sistema del GCIAI se involucró en la planeación estratégica, se han examinado varios métodos para clasificar prioridades de investigación (Davis et al., 1987; Norton y Pardey, 1988; TAC, 1988; Mueller, 1989). Empezaremos por resumir algunos de los principales resultados de esas revisiones, para levantar así el escenario en que aparezca el enfoque elegido por el CIAT.

En primer lugar, es necesario distinguir entre un modelo de criterio único y otro de criterio múltiple. Entre los modelos de un solo criterio figura el análisis de congruencia, que se aplicó en Janssen et al. (1989) para la revisión interna anual del CIAT en 1989. La precedencia, o sea el principio de aumentar o reducir el presupuesto de acuerdo con la asignación anterior, es también un modelo de un solo criterio. Los modelos de un solo criterio pueden dar una primera indicación, muy general, de la magnitud relativa de las prioridades. Sin embargo, ningún criterio, por

---

\* Economistas de los Programas de Frijol, Arroz, Pastos Tropicales y Yuca, respectivamente, del CIAT.

sí solo, permite escrutar los diferentes componentes del conjunto de objetivos de una institución, ya que no proporciona la información suficiente para hacer un análisis más complejo.

En consecuencia, los modelos de criterio múltiple son un enfoque mejor cuando se trata de revalorar minuciosamente las prioridades. Entre los modelos de criterio múltiple es importante distinguir aquéllos que poseen ponderación interna de criterios de los que carecen de ella.

En el primer caso, el modelo considera diferentes criterios y los valora para llegar a un orden de prioridades. Los modelos de programación matemática (Romero y Rehman, 1989) o la selección jerárquica de prioridades (Saaty, 1986) pertenecen a este grupo. En el segundo caso, se obtienen los valores de diferentes productos agropecuarios básicos en relación con diferentes criterios, pero las prioridades reales se definen por fuera del modelo, mediante la interpretación de los resultados que hacen los que toman las decisiones. Los modelos de asignación de puntajes son un ejemplo de este enfoque. La opción de utilizar un modelo que permita valorar internamente los criterios, u otro que requiera interpretación externa, depende de lo bien que se puedan expresar en términos matemáticos los objetivos de quienes toman las decisiones y de la claridad con que se pueda trazar ese proceso de decisión.

En gran parte de la literatura se hace también una distinción entre el valor actual de la producción (en el análisis de congruencia) y los beneficios esperados de la investigación (en el análisis de los excedentes de productores y consumidores). Aunque los beneficios esperados de la investigación son un criterio más relevante que el valor actual de la producción, las suposiciones que hay que hacer para estimar esos beneficios son más susceptibles de error que las de ese valor. A pesar de que este problema se puede superar, en parte, por medio de consultas --por ejemplo, con un cuestionario del tipo Delphi (Herdt y Riely, 1987)-- la necesidad de hacer suposiciones reduce a menudo la credibilidad de este tipo de análisis, porque traslada la discusión desde el campo de los resultados hasta el de las justificaciones y procedimientos.

Otro aspecto es la relación costo-beneficio de la investigación. Idealmente, esta relación debe establecerse sucesivamente desde costos bajos hasta costos altos (función de producción de la investigación), permitiendo determinar así el tamaño óptimo de los programas. Dicho análisis es teóricamente posible, pero tedioso de hacer, en la práctica, para varios cultivos. En consecuencia, es difícil aplicar un marco real de costo-beneficio, y el análisis se limita entonces a comparar los beneficios esperados a un solo nivel de financiación.

Las revisiones de literatura citadas anteriormente distinguen los modelos de costo-beneficio de los de valoración múltiple. Al parecer, la distinción se basa en que se emplean más conceptos económicos y matemáticos en los análisis de costo-beneficio

que en los de valoración múltiple. Ahora bien, esta distinción confunde bastante, pues no hay razón para excluir la relación costo-beneficio esperada de los criterios que se aplican en un modelo de valoración múltiple.

¿Hacia dónde dirigen estas consideraciones el análisis de los cultivos básicos que investiga el CIAT? Primero, a la comprensión de que es preferible utilizar un modelo de criterio múltiple que uno de un solo criterio. Segundo, a la conclusión de que no hay razón para considerar el análisis de costo-beneficio y un modelo de valoración múltiple como métodos mutuamente excluyentes, cuando el primero puede formar parte del segundo. Tercero, a tomar conciencia de que la credibilidad del análisis de los productos básicos depende de la participación efectiva de quienes son expertos en dichos cultivos básicos.

Esta sección introductoria concluye con una advertencia. En su análisis de los métodos para determinar las prioridades, el TAC afirma que "ningún modelo será nunca un sustituto del juicio colectivo".

### **Estrategia para evaluar los cultivos o productos básicos que investiga el CIAT**

El enfoque adoptado por el CIAT para evaluar sus cultivos básicos es una combinación de diferentes métodos de clasificación de prioridades, en la que se aplica un análisis de dos fases (Figura S2.1). Aunque nos limitamos al contexto de América Latina, el número de cultivos y productos básicos siguió siendo considerable. En la primera fase, se valoraron los cultivos básicos según un número limitado de criterios simples, y se descartaron algunos cultivos mediante una selección jerárquica de prioridades. Los criterios empleados para descartar ciertos productos básicos incluían juicios superficiales que, no obstante, se consideraron necesarios para reducir el número de tales productos que requerían un análisis más detallado.

Por lo tanto, en la segunda fase se estudió un grupo más reducido de cultivos y productos básicos, pero en mayor detalle. Un criterio único de costo-beneficio, preferido por J. Ryan (comunicación personal), o un análisis simple de congruencia, como el aplicado por McIntire (1985), parecieron demasiado restrictivos para evaluar el papel de los diferentes cultivos básicos. En consecuencia, se decidió elaborar criterios para los cuatro principales objetivos del CIAT: el crecimiento, la equidad, la conservación de los recursos naturales, y la complementariedad institucional.

Aunque se descartó el uso de un criterio único, se acordó considerar la investigación agrícola como una inversión a largo plazo, y utilizar el estudio de la relación costo-beneficio como el eje del análisis. En lo que se refiere al crecimiento económico y a la equidad, no hubo problemas conceptuales para desarrollar un marco

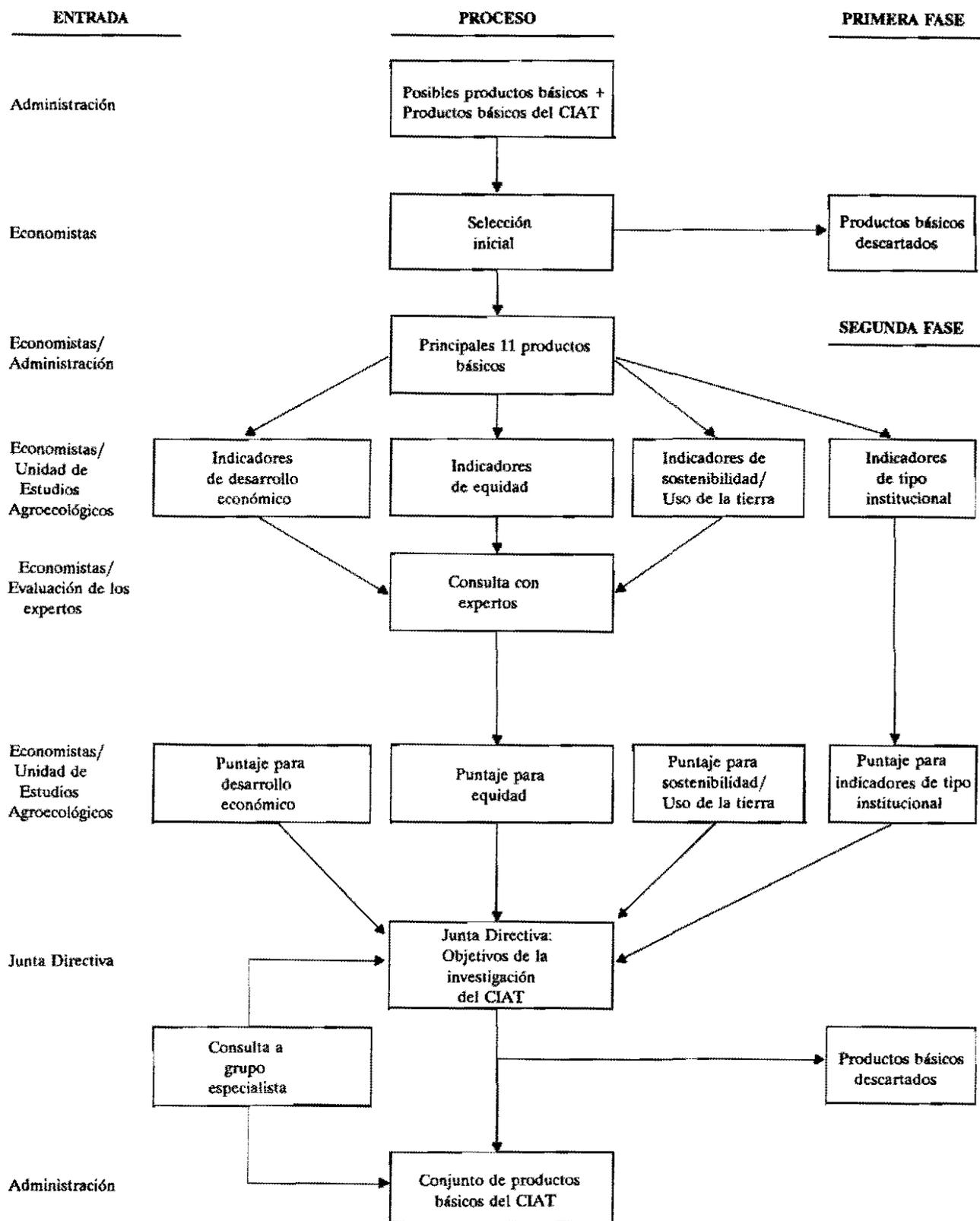


Figura S2.1. Flujograma que resume el proceso de selección de los productos básicos del CIAT.

que encerrara el análisis de costo-beneficio, aunque quizás no se tuvieron suficientemente en cuenta aspectos como la nutrición, el empleo, y el valor futuro esperado del cultivo o producto básico. En cuanto a la conservación de los recursos naturales y a los aspectos de carácter institucional, el concepto de inversión no es claro ni fácilmente aplicable, razón por la cual se consideraron aquí otros criterios.

La valoración de algunos criterios aplicables a ciertos cultivos o productos básicos se obtuvo directamente de las fuentes originales de los datos. Para obtener las demás valoraciones se utilizó un modelo de equilibrio parcial y uno de equilibrio general simple. En su mayor parte, los datos necesarios para alimentar estos modelos fueron recolectados por los economistas del CIAT.

Para varios parámetros críticos de naturaleza esencialmente subjetiva --como el cambio esperado en la oferta en caso de una investigación exitosa, el tiempo que transcurre entre el inicio de la investigación y sus resultados, y la velocidad de adopción de la tecnología mejorada-- se hicieron suposiciones con la ayuda de expertos en cultivos y productos básicos específicos. Estas consultas fueron de dos tipos: cuando era posible, las perspectivas económicas y técnicas del cultivo o producto básico se discutieron con un experto; asimismo, se elaboró un cuestionario para recoger opiniones sobre el tipo de cambio técnico que podría esperarse de un cultivo o producto básico --y la frecuencia con que el cambio ocurriría-- como resultado de la investigación que hace el CIAT. El cuestionario, que se envió a varios especialistas en cada cultivo o producto básico, iba acompañado de un perfil de éste, con el fin de orientar al experto sobre los factores sociales y económicos relevantes para ese cultivo o producto. En el caso del sorgo, la soya y el algodón, las respuestas mostraron la necesidad de ajustar las apreciaciones propias del CIAT. En el caso del banano y del plátano, era necesario considerar los datos con cuidado, ya que podría obtenerse poca información específica sobre los cambios técnicos antes mencionados.

El enfoque aplicado por el CIAT puede resumirse, por tanto, como una selección inicial, seguida de la aplicación de un modelo de criterio múltiple construido alrededor de un análisis de costo-beneficio, y estimado mediante un procedimiento de consulta con expertos. El enfoque ha permitido obtener información claramente interpretable sobre los beneficios esperados de la investigación no sólo totales sino referidos a diferentes grupos elegidos como objetivos; no se valoraron, sin embargo, los diferentes criterios empleados ni se llegó a decisiones finales sobre la composición del conjunto de cultivos o productos básicos del CIAT (Figura S2.1).

### **Selección de cultivos y productos básicos**

Inicialmente, se seleccionaron 19 cultivos y productos básicos, entre los cuales figuraban el frijol, la carne de res, la yuca, los cítricos (naranja y limón), el algodón, la leche, el plátano y el banano, el arroz, el sorgo, la soya, las hortalizas (habichuela,

tomate y cebolla), el cacao, el café, el maní, el aceite de palma, el caucho, el azúcar y la madera y sus derivados (Cuadro S2.1). Estos cultivos y productos se consideran agrícolas puesto que la tierra es un factor importante para su producción. Los productos del mar, los huevos, la carne de ave y la carne de cerdo se excluyeron porque, en general, no dependen de la tierra. Aunque la producción de carne de res y la de leche también se pueden separar de la tierra, éste no suele ser el caso de América Latina y el Caribe.

Se aplicaron tres criterios para elegir estos cultivos y productos básicos: 1) el valor actual de la producción en América Latina y el Caribe, como indicador de la importancia del producto agropecuario básico; 2) la participación de América Latina en la producción total del mundo en desarrollo, con el fin de determinar si la investigación hecha en esa parte del continente contribuye significativamente al desarrollo global; y 3) el estado de la investigación internacional, que se determinó revisando la fuerza que actualmente posee la investigación que hacen los programas nacionales o las organizaciones de productores.

Para determinar el valor de la producción y la participación de América Latina en la producción total de los países en desarrollo, se utilizaron los datos que Davis et al. (1989) desarrollaron para el TAC. Como lo admiten estos autores, los datos no son perfectos, pero se consideraron adecuados para el proceso de selección inicial. El estado de la investigación internacional se determinó partiendo de nuestro conocimiento actual del vigor de la investigación, sin consulta adicional.

El Cuadro S2.1 muestra el resultado del proceso de selección. A causa del bajo valor de su producción, se descartaron el cacao, el maní, el aceite de palma, la piña y el caucho. Tanto el café como el azúcar tienen programas de investigación sólidos manejados por las organizaciones de productores, y se descartaron por su aparente falta de mérito para la investigación internacional. La madera y sus derivados no se descartaron como tales, pero se pensó que la relevancia de la investigación en agro-silvicultura dependía más de la importancia que el CIAT le diera al uso de la tierra que del valor de ese conjunto de productos. La participación de América Latina en la producción total del mundo en desarrollo resultó un criterio redundante.

### **Aplicación del modelo de criterio múltiple**

Después de la selección inicial quedó un total de 11 cultivos o productos básicos. Aparte de los que investiga el CIAT (frijol, carne de res, yuca, leche y arroz), los demás cultivos básicos fueron el plátano y el banano, los cítricos, el algodón, el sorgo, la soya y un grupo de hortalizas. Estos se evaluaron respecto a la posible contribución que la investigación hecha en ellos haría al crecimiento económico, a la equidad, y a la conservación de los recursos naturales, y respecto a la complementariedad institucional

Cuadro S2.1. Resultado de la selección inicial de los cultivos o productos básicos opcionales.

Cultivo o producto básico <sup>a</sup>	Valor de la producción en América Latina, VPA (millones de dólares)	VPA en total de producción de países en desarrollo (%)	Decisión <sup>b</sup> final
Frijol ( <i>Phaseolus</i> ) <sup>c</sup>	4,131	61.30	I
Carne de res	10,023	61.94	I
Yuca <sup>c</sup>	6,209	21.76	I
Cítricos (naranja y limón)	7,302	61.95	I
Algodón	2,700	14.13	I
Leche	11,845	30.40	I
Plátano y banano	9,530	39.53	I
Arroz	4,070	6.59	I
Sorgo	1,716	33.21	I
Soya	6,214	64.34	I
Hortalizas <sup>d</sup>	1,887	21.68	I
Cacao	1,443	35.08	V
Café	11,930	65.81	M
Maní	340	4.73	V
Aceite de palma	118	4.48	V
Piña	417	24.15	V
Caucho	70	1.38	V
Azúcar	3,701	50.46	M
Madera y sus derivados	24,815	20.80	L

a. Datos preparados para el TAC por Davis, Oram y Ryan (DOR), 1989.

Frijol: Los datos de DOR no discriminan el frijol *Phaseolus* de otros tipos. Los datos presentados corresponden a valores en la finca estimados por Janssen, Sanint y Seré (JSS) para el Informe Anual del CIAT de 1989.

Habichuela: Estimaciones de Henry y Jansen (s.f.) para el estudio económico de la habichuela.

Arroz: Valores para América Latina corregidos con los cálculos de JSS.

b. I = Se incluye para análisis posterior.

V = Descartado por tener bajo valor de producción.

M = Descartado por carecer aparentemente de mérito para investigación internacional.

L = La decisión depende de la posición del CIAT en relación con la investigación en el uso de la tierra.

c. Los valores para el frijol en otras regiones objetivo incluyen África, el oeste de Asia y el norte de África; para la yuca se incluye Asia.

d. Habichuela, tomate y cebolla.

que se obtendría de la investigación hecha por el CIAT. Para la evaluación de estos cultivos o productos básicos se obtuvieron datos (Cuadros S2.2 y S2.3) de muchas fuentes.

## **Crecimiento económico**

**Criterios.** El desarrollo de tecnologías pretende contribuir al crecimiento económico porque propicia un uso más eficiente de los recursos escasos. En el campo de la investigación agrícola, este propósito se ha interpretado normalmente como el aumento de la producción por unidad de área o por unidad de mano de obra. La estimación de los beneficios tecnológicos se ha restringido tradicionalmente a los efectos directos que ejerce en la oferta y la demanda el cultivo o producto básico en cuestión.

Una mayor conciencia de los efectos indirectos del cambio tecnológico se ha despertado recientemente. Cuando la oferta de cierto producto básico aumenta, desencadena la demanda de otros productos. Por ejemplo, si se produce más arroz, se necesitarán más cosechadoras combinadas, se construirán más molinos de arroz, y se aplicarán más fertilizantes. Al mismo tiempo, aumentará el ingreso de los productores, quienes a su vez incrementarán el consumo de otros productos básicos. La demanda resultante de bienes y servicios permitirá que otras personas perciban un ingreso. El valor adicional agregado en esta forma, por fuera del sector del producto básico inmediato, se denomina 'efecto de encadenamiento' (Mellor y Lele, 1973). La intensidad del efecto de encadenamiento difiere de un producto básico a otro, y depende del nivel y tipo de los insumos aplicados y de la cantidad de ingreso extra utilizado en productos domésticos (Hazell y Roell, 1983).

Los efectos tecnológicos directos e indirectos proporcionan estimaciones monetarias de la contribución de un cultivo o producto básico al crecimiento económico. Aunque representan criterios lógicos, racionales y discriminatorios, dependen en parte de los supuestos implícitos en el modelo utilizado y de la estructura de éste, como se explicará más adelante. Para ratificar, o cuestionar, la consistencia de los efectos estimados, se tomaron también algunas variables que representarían indicadores adicionales del crecimiento económico; tales fueron el valor actual de la producción, el crecimiento esperado de la demanda, y el potencial de generación de divisas.

**Medición.** ¿Cómo se cuantificaron los diferentes criterios? Para obtener el valor actual de la producción, se multiplicó la producción promedio que figura en los anuarios de producción de la FAO de los tres últimos años --de los cuales había información disponible-- por el precio promedio del mercado mundial durante la última década, proporcionado éste por las estadísticas de precios del FMI o de la FAO. El crecimiento esperado de la demanda se determinó analizando la demanda

Cuadro S2.2. Fuentes de los datos: Precios\*.

Fuente	Precio inicial	Precio mínimo de oferta	Precio internacional	Elasticidad precio de la oferta	Elasticidad precio de la demanda
Fundação Getulio Vargas. 1988. Precios recibidos por los agricultores. Brasil.	YAL				
Anuario de producción de la FAO. Varios años.	YUA, BAN		BAN		
Lynam, J.K. (1)					YUA
Sección de economía de los programas de yuca, frijol, arroz y pastos tropicales del CIAT.	CR, LE(5), AR, SOY, CIT	YAL, YUA, FAF, FAL, CR, LE(5), AR	YUA, CR, LE(6)	YAL, YUA, PL, BAN, FAF, LE, FAL(7), SO(11), AR, SOY, CIT	ALG, FAL(10), AR, SOY, CIT
FAO. 1970-1984. Economía del banano.		BAN			BAN
Banco Mundial. 1988ed. Comercio de los productos básicos y tendencias de sus precios. Washington, D.C.			AR, SOY		
FAO. Boletín mensual de estadística.	FAF, FAL, SO		FAF, FAL, SO		
FMI. Estadísticas financieras internacionales y precios de productos.	ALG, SO		SO, ALG		
CVC. 1988. Manual de costos de producción agropecuaria. Cali, Colombia.		SO, ALG			
Proyecto FAO/RLAC/CIAT (2)					CR
Pinstrup-Andersen, P. et al. (3)					LE
Valdez, A. (4)				CR	
Janssen, W. (8)					SO
Askary, H. y Cummings, J.T. (9)				SO, ALG	
FAO. 1979. Revisión de las encuestas de consumo, 1977, vol. 2. Roma.					FAF

(Continúa)

Cuadro S2.2. Continuación.

Fuente	Precio inicial	Precio mínimo de oferta	Precio internacional	Elasticidad precio de la oferta	Elasticidad precio de la demanda
Lynam, J.K.; Sanint, L.R.; Sáez, C.; Ibañez-Meier, C.; Gontijo, A. y Janssen, W. (12)					YAL
Ministerio de Agricultura. 1989. Anuario de estadísticas del sector agropecuario. Colombia.	PL				
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (13)		PL			
Sanint, L.R.; Rivas, L.; Duque, M.C. y Seré, C. (14)					PL
Instituto de Economía Agrícola. Informaciones económicas. Gobierno del Estado de São Paulo, Brasil.	SOY, CIT				
Fundação Getulio Vargas. Agroanalysis. Varios números. Rio de Janeiro, Brasil.			CIT		

a. ALG = Algodón	LE = Leche
AR = Arroz	PL = Plátano
BAN = Banano	SO = Sorgo
CIT = Cítricos	SOY = Soya
CR = Carne de res	YAL = Yuca, América Latina
FAP = Frijol, Africa	YUA = Yuca, Asia
FAL = Frijol, América Latina	

Para las fuentes de datos sobre habichuela, véase Henry, G. y Janssen, W. (eds.). s.f. Snap beans in the developing world. Memorias de una conferencia internacional. CIAT, Cali, Colombia. (En impresión.)

- Lynam, J.K. 1987. The cassava economy of Asia: Adapting to economic change. CIAT, Cali, Colombia.  
Además de: Konjing Chaiwat e Issariyanukula Apisith. 1985. Output demand and marketing of rice and upland crops in Thailand. En: Food policy analysis in Thailand, editado por Theodore Panayotou. Agricultural Development Council, Bangkok, Tailandia.
- Rivas, L.; Seré, C.; Sanint, L.R. y Cordeu, J.L. 1989. La demanda de carnes en países seleccionados de América Latina y el Caribe: Proyecto colaborativo FAO/RLAC/CIAT. FAO/RLAC, y CIAT, Cali, Colombia. 195 p.

(Continúa)

Cuadro S2.2. Continuación.

3. Pinstrup-Andersen, P.; Ruiz de Londoño, N. y Hoover, E. 1976. The impact of increasing food supply on human nutrition: Implications for commodity priorities in agricultural research and policy. *American Journal of Agricultural Economics* 58(2):131-142.
4. Valdez, A. 1975. Some economic aspects of the cattle industry in Latin America. En: Potential to increase beef production. CIAT, Cali, Colombia.
5. CR, LE: Estimados con base en datos de IBGE; Min. Agricultura Colombia; y Rivas, L. y Seré, C. Análisis de precios de productos e insumos ganaderos. Documentos de trabajo no. 18, 28 y 55, de 1986, 1987 y 1988, respectivamente. CIAT, Cali, Colombia.
6. CR, LE: Estimados con base en datos del FMI, Estadísticas financieras internacionales, varios años; y en el boletín mensual de la FAO, varios años.
7. Estimado empleando datos de:
  - \* Pachico, D.; Lynam, J.K. y Jones, P. 1987. The distribution of benefits from technical change among classes of consumers and producers: An ex ante analysis of beans in Brazil. *Research Policy* 16(5):279-285.
  - \* Luna G., C.A. y Janssen, W. 1990. El comercio internacional y la producción de frijol en Colombia. *Coyuntura Agropecuaria* 7(1):107-139.
  - \* Plasencia, J. 1986. Frijol, oferta, demanda e inversión en la investigación agrícola. INIFAP, México.
8. Janssen, W. 1986. Market impact on cassava's development potential in the Atlantic coast region of Colombia. CIAT, Cali, Colombia. 357 p.
9. Askari, H. y Cummings, J.T. 1976. Agricultural supply response: A survey of the econometric evidence. Praeger, New York, NY, E.U. 443 p.
10. Estimado empleando datos de:
  - \* Pachico, D. y Seré, C. 1985. Food consumption patterns and malnutrition in Latin America: Some issues for commodity priorities and policy analysis. En: Trends in CIAT commodities. Documento interno, Economía 1.10. CIAT, Cali, Colombia.
  - \* Gray, C. 1982. Food consumption parameters for Brazil and their application to food policy. IFPRI, Washington, DC, E.U.
11. Estimado empleando datos de:
  - \* Borren, C. 1984. Sorghum production in the Atlantic coast of Colombia. En: Cassava economics. CIAT, Cali, Colombia. (Manuscrito.)
  - \* Seré, C. y Estrada, R.D. 1987. Potential role of grain sorghum in the agricultural systems of regions with acid soils in tropical Latin America. En: Gourley, L.M. y Salinas, J.G. Sorghum for acid soils. INTSORMIL, ICRISAT y CIAT, Cali, Colombia. p. 145-169.
12. Lynam, J.K.; Sanint, L.R.; Saez, C.; Ibañez-Meier, C.; Gontijo, A. y Janssen, W. 1987. The cassava economy of Latin America: A food staple in transition. CIAT, Cali, Colombia.
13. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1989. Bases tecnológicas: Costos e ingresos de actividades agropecuarias de diversificación, Colombia.
14. Sanint, L.R.; Rivas, L.; Duque, M.C. y Seré, C. 1985. Análisis de los patrones de consumo de alimentos en Colombia a partir de la encuesta de hogares DANE/DRI de 1981. *Revista de Planeación y Desarrollo* 17(3):39-63.

Cuadro S2.3. Fuentes de los datos: Volumen y cantidad\*.

Fuente	Cantidad inicial	Crecimiento de la demanda	Crecimiento de la oferta	Distribución de la producción	Distribución del consumo
Anuarios de producción y de comercio de la FAO. Varios años.	PL, BAN, YUA, YAL, FAL, FAF, ALG, SO, AR, SOY, LE, CR	SO, ALG	PL, BAN, SO, ALG		
Sección de economía de los programas de yuca, frijol, arroz y pastos tropicales del CIAT.		YAL, PL, BAN(2), AR, SOY, CIT, CR, LE(6)	YAL, AR, SOY, CR, LE(6)	YUA, FAF, PL(4), BAN(3)	YAL
Tendencias de los productos básicos del CIAT (cuadros). Varios años.			YUA, FAL, FAF		
Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística (IBGE). 1980. Censo agropecuario. Brasil.				YAL, FAL, SO, ALG, CR	
Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística (IBGE). 1980. Estudio nacional de despensa familiar. Brasil.					BAN, FAL(7), SO, ALG
FAO. 1988. Situación y perspectivas de los productos básicos.		YUA			
FAO. 1979. Revisión de las encuestas de consumo, 1977, vol. 2. Roma.					FAF
Sanint, L.R.; Rivas, L.; Duque, M.C. y Seré, C. (1)					PL, SO, ALG, CIT, CR, LE
Fundação Getulio Vargas. Agroanalysis. Varios números. Rio de Janeiro, Brasil.				AR, SOY, CIT	AR, SOY
USDA. World citrus situation and outlook.	CIT	CIT			
Janssen, W. (5)	FAL, FAF	FAL, FAF			
Rivas, L. (8)				LE	

(Continúa)

Cuadro S2.3. Continuación.

---

- a. Se utilizaron balances alimentarios (1978-81) para estimar las proteínas y calorías de todos los productos básicos.  
Para las fuentes de datos en habichuela, véase Henry, G. y Janssen, W. (eds.). s.f. Snap beans in the developing world. Memorias de una conferencia internacional. CIAT, Cali, Colombia. (En impresión.)
- Los "cambios de valores k" y el porcentaje de adopción para los años inicial y final, tal como se usaron en el modelo de equilibrio parcial, se derivaron de información del Expert Consultation Survey (1990). Estos valores se ajustaron en varios casos para incluir datos adicionales de las secciones de economía del CIAT.  
Para explicación de las abreviaturas, véase nota de pie de página del Cuadro S2.2.
1. Véase nota 14 en el Cuadro S2.2.
  2. BAN: promedio de (a) George y King, 1971. Consumer demand for food commodities in the United States with projections for 1980. Giannini Foundation monographs no. 26; y (b) FAO. Anuario de comercio (varios años).
  3. BAN: promedio de Brasil, Ecuador y Colombia en: (a) Memoria de la Reunión Regional de INIBAP para América Latina y el Caribe. 1987. Costa Rica.  
(b) AUGURA. 1987. Producción y comercialización del banano. Revista Nacional de Agricultura (Colombia) no. 878.
  4. PL: en a. Buriticá, P. 1985. El plátano: Situación en Colombia y su sistema de generación de tecnología. Informe UPEB 8(65).  
b. Soleibe-Arbelaez, F. 1979. Importancia socioeconómica y sistemas de producción de plátano en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros, Bogotá, Colombia. (Manuscrito.)
  5. Janssen, W. 1989. Dry bean production and consumption in the year 2000: Projections, thoughts and guesses with emphasis on Latin America and Africa. En: Beebe, S. Current topics in breeding of common bean. Working document no. 47. CIAT, Cali, Colombia. p. 329-350.
  6. CR y LE: Estimados empleando datos de:  
\* Banco Mundial. Informe sobre el desarrollo mundial. Varios años.  
\* Anuario de producción de la FAO. Varios años.  
\* Tendencias de los productos básicos del CIAT. Varios años.
  7. Véase nota 10. en el Cuadro S2.2.
  8. Rivas, L. 1974. Some aspects of the cattle industry on the north coast plains. Technical bulletin no. 3. CIAT, Cali, Colombia.

del producto básico con respecto al ingreso y a la urbanización, y revisando la oferta de productos alternos. El potencial de generación de divisas se determinó cualitativamente considerando la capacidad de comercialización del producto básico, el volumen actual de intercambio, el crecimiento esperado de la demanda en el mercado mundial, y el potencial de ese producto como sustituto de alguna importación.

El efecto directo de la tecnología en la oferta y en la demanda se estimó mediante un modelo de equilibrio parcial denominado MODEXC (véase Apéndice 1 de esta sección, p. 54). El Cuadro S2.4 presenta los supuestos contenidos en el modelo.

Al analizar el impacto tecnológico en el tiempo, cabe preguntarse si no cambiarían algunos de los parámetros del modelo de equilibrio parcial, tales como la elasticidad de la demanda y la oferta y sus rangos de variación. En consecuencia, se simuló el efecto del cambio tecnológico en cuanto respondía a los cambios autónomos de la oferta y la demanda. Aunque esta simulación no contemplaba posibles cambios ocurridos en las elasticidades, sí consideraba el impacto de la tecnología de manera dinámica. Se aplicó una tasa de descuento de 10%, y se estimaron los beneficios anuales de la investigación para el período 1990-2025, calculando posteriormente su valor presente neto (VPN).

Las funciones de oferta y demanda sólo pueden conocerse, generalmente, cerca del equilibrio del mercado observado. La extrapolación a precios más altos o más bajos que los observados es un poco especulativa y, en el caso de las funciones lineales, a menudo arroja una oferta considerable a un precio negativo. Se usó la especificación de Lynam y Jones (1986), que implica que la oferta sólo es posible a precios positivos. Para mayores detalles sobre este punto véase Pachico et al. (1987) y Antony et al. (1988).

Lindner y Jarrett (1978) explicaron que el nivel y la distribución de los beneficios de la investigación dependen sustancialmente de la clase de cambio que experimenta la oferta. En todos los casos se aplicó un cambio pivotal a la oferta, el cual se aproxima a una apreciación conservadora de los beneficios totales esperados de la investigación y evita hacer estimaciones exageradas. Por su parte, un cambio pivotal en la oferta tiende a reducir los beneficios esperados por los productores. Por esto fue necesario hacer algunos ajustes en el análisis de las contribuciones a la equidad.

Una limitación del modelo de equilibrio parcial es que no incluye el efecto de la tecnología en la oferta y en la demanda de otros productos.

Para medir los efectos indirectos de la tecnología, se desarrolló un modelo general de equilibrio basado en el trabajo previo de Haggblade y Hazell (1989). El modelo permitió evaluar diferentes tipos de cambio tecnológico (véase Apéndice 2 de esta sección, p. 57). Para los propósitos del CIAT, se evaluó el efecto de una variación de 10% en la curva de función de la oferta, sumado a una reducción de 10% en la razón [insumo/producción comercializable]. En otras palabras, se logró una

Cuadro S2.4. Datos utilizados en el modelo de equilibrio parcial (MODEXC) para calcular los beneficios de la investigación.

Producto	Región	Valor de la producción (millones de dólares)	Elasticidad de la oferta	Elasticidad de la demanda	K <sup>a</sup>	Crecimiento de la oferta (%)	Crecimiento de la demanda (%)	Consumo del 40% de los consumidores de bajos recursos (%)	Participación de los pequeños productores en la producción (%)	Tiempo 'muerto' de la investigación (años)
Banano	América Latina (AL)	7,504	0.4	-2.0	1.17	1.5	2.2	–	12	6
Frijol	AL	2,459	0.6	-0.5	1.28	1.6	1.7	39	55	4
	Africa	1,672	0.4	-0.4	1.26	2.2	3.0	85	90	4
Habichuela <sup>b</sup>		1,470	0.8	-0.6	1.31	2.5	3.1	74	95	4
Carne de res	AL tropical <sup>c</sup>	8,580	0.5	-0.4	1.46	1.0	1.5	25	26	4
Yuca										
Fresca	AL	628	0.5	-0.8	1.09	0.8	1.0	19	58	8
	Procesada	2,103	0.5	-0.8	1.24	1.6	2.0	60	50	6
Procesada	Asia	1,767	0.5	-2.2	1.23	1.2	4.0	–	90	6
Cítricos	AL	1,341	0.3	-2.0	1.20	2.0	2.0	19 <sup>d</sup>	53	6
Algodón	AL	3,388	0.5	-5.0	1.12	0.8	1.4	25	25	6
Leche	AL tropical	10,325	0.7	-0.8	1.25	1.4	1.6	26	50	4
Plátano	AL	514	0.5	-1.2	1.28	0.8	1.7	33	52	6
Arroz <sup>e</sup>	AL	4,070	0.5	-0.5	2.80	1.8	2.0	36	18	2
Sorgo	AL	1,232	0.5	-5.0	1.34	2.0	3.0	25 <sup>d</sup>	13	6
Soya <sup>f</sup>	AL tropical	2,362	0.5	-5.0	1.50	2.0	3.0	25 <sup>d</sup>	3	6
Hortalizas <sup>g</sup>	AL	1,887	0.8	-0.7	1.31	2.5	3.0	25	80	6

a.  $K =$  Factor que expresa el cambio en la oferta. Definido como:  $\frac{\text{Oferta inicial} + \text{Oferta adicional esperada como resultado del cambio tecnológico}}{\text{Oferta inicial}}$

b. Total para América Latina, Asia y África.

c. América Latina tropical se refiere a América Latina y el Caribe, excluyendo Argentina, Chile y Uruguay.

d. Se le considera un producto básico absolutamente comercializable.

e. Durante los últimos 20 años, el arroz ha experimentado una adopción significativa de tecnología. Por esta razón, los beneficios futuros de la investigación en arroz se estiman en forma diferente a la utilizada para otros productos.

f. Para la soya se excluyó el sur de Brasil.

g. Incluye tomate y cebolla.

aproximación al impacto de una tecnología que aumenta los rendimientos sin requerir más insumos. Esto refleja, a grosso modo, el impacto de la tecnología que aumenta los rendimientos manteniendo niveles estables de insumos por hectárea.

Variando los coeficientes de insumo comercializables y no comercializables, y la elasticidad-ingreso de la demanda doméstica (Cuadro S2.5), es posible calcular la relación entre el cambio esperado en el ingreso por fuera del sector agrícola, de un lado, y el cambio esperado en la oferta como resultado de la nueva tecnología, del otro. Aplicando esta razón al VPN del cambio esperado en la oferta, que ha sido obtenido con el modelo de equilibrio parcial, se obtiene el VPN del efecto de encadenamiento.

**Resultados.** Los valores de los cultivos o productos básicos, según diferentes criterios, aparecen en el Cuadro S2.6. El VPN de los beneficios de investigación varía considerablemente: es un poco más de US\$3 mil millones para la carne de res y para el arroz, y sólo US\$107 millones en el caso del plátano. En el contexto de América Latina, los valores esperados de la investigación son altos para tres de los cultivos o productos básicos que están bajo el mandato del CIAT: carne de res, arroz y leche. Para los otros dos cultivos básicos confiados al CIAT --frijol y yuca-- el valor presente neto de los beneficios de la investigación en América Latina es considerablemente bajo, y es comparable al de las hortalizas, el algodón, el banano o el sorgo.

Si consideramos que el CIAT ha recibido un mandato global, no regional, tanto sobre el frijol como sobre la yuca, los beneficios esperados de la investigación hecha en estos cultivos mejoran considerablemente. El VPN de ambos cultivos se duplica cuando se consideran otras regiones del mundo que están bajo el mandato operativo del CIAT. En el caso del frijol, el VPN mejora aún más cuando la habichuela --la hortaliza hermana del frijol-- se incluye en el análisis. En el contexto latinoamericano, el valor de un programa de frijol o de yuca es comparable al de uno de sorgo o algodón, pero las responsabilidades geográficas combinadas del CIAT sugieren que se seguirá prestando atención a los dos primeros cultivos.

La tecnología que permita cultivar el sorgo y la soya en las sabanas ácidas de las tierras tropicales bajas tendrá una retribución considerable. En el caso de la soya, el valor presente de los beneficios directos supera los mil millones de dólares. Para el sorgo, en América Latina, los beneficios son superiores a los del frijol y la yuca. El VPN de los beneficios de la investigación para las hortalizas es inferior al esperado. Aunque la demanda de éstas aumentará rápidamente, lo hará partiendo de una base reducida. Para el algodón y los cítricos, el VPN de los beneficios de la investigación también es pequeño porque, en el algodón, el potencial de mejoramiento tecnológico es limitado, y los cítricos resultaron menos importantes, como producto agrícola básico, de lo que se estimó durante la primera fase del análisis.

Cuadro S2.5. Supuestos para evaluar los efectos de encadenamiento.

A: Datos sobre los productos básicos para el análisis de encadenamiento y de multiplicadores

Producto básico	No comercializable	Comercializable	Uso de insumos			Efecto en el ingreso (elasticidad del gasto)
			Insumos comercializables	Insumos no comercializables	Otros insumos no comercializables	
Arroz	X	X	0.16	0.01	0.20	0.5
Soya		X	0.12	0.01	0.25	0.5
Algodón		X	0.10	0.01	0.20	0.7
Sorgo		X	0.24	0.01	0.04	0.5
Cítricos		X	0.05	0.01	0.25	0.7
Banano		X	0.10	0.01	0.08	0.5
Plátano	X		0.05	0.01	0.04	0.9
Tomate	X		0.15	0.01	0.30	0.8
Cebolla	X		0.15	0.01	0.04	0.8
Leche	X	X	0.05	0.05	0.30	0.7
Carne de res	X	X	0.03	0.05	0.25	0.5
Frijol	X	X	0.10	0.01	0.04	0.9
Yuca	X		0.05	0.01	0.20	0.9

B: Matriz de insumo/producto

Demanda intermedia

De:	a:	C	OC	NC	ANC	ONC
Comercializables (C)		pc <sup>a</sup>	pc	pc	pc	pc
Otros comercializables (OC)		–	0.11	–	0.02	0.18
No comercializables (NC)		pc	pc	pc	pc	pc
Agríc. no comercializables (ANC)		–	0.09	–	0.02	0.17
Otros no comercializables (ONC)		–	0.10	–	0.025	0.20

a. pc = Para completar con datos del producto básico en evaluación suministrados en A.

FUENTES: Debido a las limitaciones, las estimaciones de uso de insumos se basan en evaluaciones subjetivas realizadas por los economistas del CIAT.

Cuadro S2.6. Criterios de decisión para seleccionar los productos básicos del CIAT, es decir, frijol (FR), arroz (AR), yuca (YU), leche (LE), carne de res (CR), banano (BAN), plátano (PL), cítricos (CIT), sorgo (SO), soya (SOY), algodón (ALG) y hortalizas (HT). Objetivo: CRECIMIENTO ECONOMICO.

Criterios	FR		AR	YU		LE <sup>a</sup>	CR <sup>a</sup>	BAN	PL	CIT	SO <sup>a</sup>	SOY <sup>a</sup>	ALG	HT
	AL <sup>b</sup>	AL+ <sup>b</sup>	AL	AL	AL+	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
VPN de los beneficios de la investigación al 10% (millones de dólares)	594	1418	2957	503	1579	1910	3230	1040	107	226	619	1248	336	499
VPN del efecto multiplicador (millones de dólares)	241	523	2319	319	1221	1219	1621	358	29	258	454	1050	375	214
Potencial de generación de divisas de la nueva tecnología <sup>c</sup>	*	*	*	*	***	**	**	***	-	***	***	***	***	*
Crecimiento futuro de la demanda (<=> crecimiento demográfico)	=	>	=	<	>	>	>	=	<	=	>	>	<	>
Valor actual de la producción (millones de dólares)	2459	5601	4070	1461	3228	8714	6852	7504	514	1300	1237	2362	3393	1887

a. Tierras bajas de América Latina tropical.

b. AL = América Latina tropical, excluyendo Argentina, Chile y Uruguay.

AL+ = América Latina tropical más Asia (para yuca) y África (para frijol y habichuela).

Cabe anotar que la región semiárida de África recibirá recursos para la yuca en el futuro.

c. Incluye el valor de sustitución de las importaciones. \*\*\* = alto; \*\* = medio; \* = bajo.

La incorporación del efecto de encadenamiento aumenta considerablemente el impacto de la investigación que se hace en todos los cultivos o productos básicos. Además, el valor de dicho efecto varía sustancialmente entre ellos. En el frijol y en la carne de res, es inferior a 40% del VPN de los beneficios directos de la investigación, pero en el caso de los cítricos o del banano, es superior a dichos beneficios. Si se mira la agricultura como un motor del crecimiento económico, cultivos básicos como los cítricos o la soya parecen más importantes que otros como la carne de res o el frijol. En general, el efecto relativo de encadenamiento es superior en los productos básicos comercializables que en aquéllos que no lo son.

En América Latina, la ganancia potencial de divisas es alta para productos agrícolas básicos como la soya, el algodón, los cítricos y el banano. La generación de divisas que se espera de la exportación de yuca seca en Asia sigue siendo alta. Para la carne de res la posición es intermedia, y para el arroz, la yuca de América Latina, el frijol, el plátano y las hortalizas, el potencial de exportación es bajo.

El crecimiento de la demanda futura es bajo sólo para el algodón, a causa de la sustitución de éste por las fibras artificiales, y para el plátano, porque se espera que la urbanización disminuya la demanda efectiva. Es alto para la proteína animal (carne de res y leche), los alimentos para animales (torta de soya, sorgo), y las hortalizas. Para los demás cultivos o productos básicos, se espera que el crecimiento de la demanda futura sea aproximadamente igual al crecimiento demográfico.

Aunque no todos los cultivos o productos básicos tienen productos secundarios, el hecho de tenerlos afecta las perspectivas futuras de aquéllos. Por un lado, se prevé una gran demanda de yuca en el sector forrajero, y por otro, las expectativas de los cítricos en el mercado de los jugos son muy favorables. Se espera también una gran demanda urbana para el aceite de soya.

El valor actual de la producción de los cultivos o productos básicos del CIAT se compara favorablemente con el de varios productos básicos analizados; esto indica que la elección de esos cultivos, hecha por el CIAT hace 20 años, estuvo bien fundamentada. Aunque la producción de los cultivos básicos del CIAT puede haber aumentado menos que la de otros, este aumento se logró a partir de un valor inicial considerable. La soya, el algodón y el banano poseen valores de producción comparables, los cuales son considerablemente inferiores para los demás productos.

## **Equidad**

**Criterios.** En América Latina, la pobreza se ha generalizado más en los últimos años. Aunque todavía el porcentaje de pobres es mayor en las zonas rurales, la pobreza de las zonas urbanas se ha incrementado de 31% a 45% durante la última década (CEPAL, 1990). Por consiguiente, debe darse mucha importancia en el futuro a la disponibilidad de alimentos para los pobres.

El desarrollo de América Latina se ha caracterizado por el uso intensivo del capital, con poca absorción de mano de obra y, a menudo, con el desplazamiento de ésta. A diferencia de los pequeños agricultores, los grandes productores sí se están beneficiando de la política de su gobierno, de la mecanización rural, y de los subsidios a los insumos agrícolas (FAO, 1988); esta situación ha actuado como una de las fuerzas motrices tanto de la urbanización como del aumento de la mano de obra agrícola carente de tierra. Además, los pequeños agricultores se han visto obligados a desplazarse a tierras menos fértiles o marginales.

Los criterios empleados para determinar la contribución de los cultivos o productos básicos al objetivo de equidad del CIAT son los siguientes: los beneficios que trae la tecnología a los consumidores pobres, definidos éstos como los consumidores de los dos quintiles inferiores (40%) de la curva de ingreso; el porcentaje de pequeños agricultores que se beneficiarán con la nueva tecnología; el efecto de la tecnología en el empleo; el total de calorías para consumo humano; y el total de proteínas para consumo humano. Los consumidores pobres y los pequeños productores se definieron de modo que fuera posible comparar ambos grupos en relación con el ingreso.

**Medición.** Los beneficios de la tecnología que llegan a los consumidores pobres se determinaron en forma directa. Como ya se habían calculado los beneficios totales de la investigación, se multiplicó el excedente de consumidores por el consumo de los consumidores pobres, como se aprecia en el Cuadro S2.4.

La medición de la participación de los pequeños agricultores en la producción generó discusiones importantes. Según la teoría del bienestar social, si hay, en general, cultivos o productos básicos no exportables (en un marco de equilibrio parcial), el excedente para los consumidores es positivo, en tanto que los beneficios de los productores pueden ser negativos. El modelo que aplicamos mostró resultados similares. Se pueden esperar beneficios positivos para los consumidores, pero parece poco realista esperar beneficios negativos para los productores; éstos podrían ser el efecto de un giro radical dado para obtener los beneficios conservadores esperados.

Por lo tanto, los excedentes estimados de los productores se rechazaron como una medida del impacto causado en la equidad hacia los productores. Luego se evaluó el excedente total de los productores, incluyendo aquí el impacto externo. Esta medida también se rechazó porque, aunque es positiva, confunde el impacto de la tecnología con el crecimiento de la demanda y de la producción. Una alternativa sería argumentar que, en definitiva, el precio de equilibrio del producto agropecuario básico puede ser igual a su precio antes del cambio tecnológico, en razón de los efectos de sustitución. Así, los beneficios para los productores se pueden calcular como  $P_1 (Q_1 - Q_0)$ , es decir, el precio después del impacto multiplicado por la cantidad adicional, aunque éste es un supuesto heróico y difícil de sustentar. Como solución de compromiso, se calculó el porcentaje de pequeños agricultores que se beneficiaría de la nueva tecnología, el cual debe evaluarse teniendo en cuenta los beneficios totales.

Se calculó el efecto de la tecnología en el empleo utilizando el modelo general de equilibrio descrito anteriormente. El efecto total se descompone así: a) un efecto directo, entendido como el cambio en la situación de empleo dentro del subsector del cultivo o producto básico y b) un efecto indirecto, entendido como el cambio en la situación de empleo por fuera del subsector, y calculado a partir del efecto de encadenamiento del modelo (véase Apéndice 3 de esta sección, p. 60).

La disponibilidad de las calorías y proteínas totales se calculó a partir de los balances alimentarios de la FAO.

**Resultados.** Los resultados derivados de los criterios de equidad se resumen en el Cuadro S2.7. Las cifras correspondientes a los beneficios que la tecnología trae a los consumidores pobres son similares a las obtenidas para los beneficios totales. Entre los cultivos o productos básicos que investiga el CIAT se destaca el arroz, con un estimativo alto: aproximadamente US\$2.6 mil millones; esta cifra es aceptable si se tiene en cuenta que el arroz es el carbohidrato más común en las dietas de América Latina. Una vez más, los resultados indican que la inclusión de África y Asia en el análisis del frijol y de la yuca, respectivamente, aumenta significativamente la importancia de estos cultivos. Las estimaciones hechas para la mayoría de los demás cultivos o productos básicos varían desde el promedio hasta el nivel bajo.

A diferencia del frijol y de la yuca, la producción de arroz, de carne de res, y de leche están a cargo de los agricultores de muchos recursos. En consecuencia, los pequeños agricultores percibirán más beneficios de los dos primeros cultivos. Los grandes agricultores son también los principales productores de banano, sorgo, soya y algodón.

Los resultados del criterio del efecto de empleo muestran que los cultivos que requieren mucha mano de obra para las labores de cosecha y de procesamiento, como la yuca y el banano, obtienen típicamente los mayores puntajes, a diferencia de cultivos como el frijol que muestra (en América Latina) una pérdida de empleo causada por el cambio tecnológico. El empleo adicional generado por la cosecha y el mercadeo no puede compensar la pérdida de empleo que ocurra en el área de producción.

En relación con los resultados sobre el total de calorías y de proteínas, se destacan las cifras del arroz y de la yuca (incluyendo la de Asia) en el total de calorías. Este valor es relativamente bajo para el banano, el plátano, los cítricos, el sorgo, el algodón y las hortalizas. Los otros cultivos presentan valores intermedios. Respecto a las proteínas totales, el frijol, el arroz, la leche y la carne de res obtienen puntajes altos, mientras que los demás cultivos presentan valores que van de bajo a intermedio.

Cuadro S2.7. Criterios de decisión para seleccionar los productos básicos del CIAT, es decir, frijol (FR), arroz (AR), yuca (YU), leche (LE), carne de res (CR), banano (BAN), plátano (PL), cítricos (CIT), sorgo (SO), soya (SOY), algodón (ALG) y hortalizas (HT). Objetivo: EQUIDAD.

Criterios	<u>FR</u>		<u>AR</u>	<u>YU</u>		<u>LE<sup>a</sup></u>	<u>CR<sup>a</sup></u>	<u>BAN</u>	<u>PL</u>	<u>CIT</u>	<u>SO</u>	<u>SOY</u>	<u>ALG</u>	<u>HT</u>
	AL <sup>a</sup>	AL+ <sup>a</sup>	AL	AL	AL+	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
Beneficios derivados de la tecnología para consumidores de escasos recursos (millones de dólares) <sup>b</sup>	415	1903	2595	461	741	742	1498	43	40	75	62	134	21	137
Participación de los pequeños productores en la producción (%) <sup>c</sup>	55	76	18	52	67	50	26	12	52	53	13	3	25	80
Efecto en el empleo derivado de la tecnología (miles de años-hombre)	-63	53	98	-60	171	110	67	224	5	103	59	156	37	33
Total de calorías para nutrición humana (millones de kcal/día)	38.8	63.1	106	29.8	86.5	48.5	26.4	16.8	9.6	5.8	2.3	23.4	6.6	4.7
Total de proteínas para nutrición humana (miles de kg/día)	2393	3979	2100	187	542	2818	1746	223	87	0	60	0	0	185

a. AL = América Latina tropical, excluyendo Argentina, Chile y Uruguay; AL+ = América Latina tropical más Asia (para la yuca) y Africa (para frijol y habichuela).

b. Para los consumidores de los dos quintiles de ingreso más bajos (el 40% más bajo).

c. Para los consumidores con un ingreso familiar inferior a US\$3000.

En los criterios de nutrición sólo se tuvo en cuenta la ingesta directa del consumo humano; esto discrimina la yuca, la soya y la semilla de algodón (harina integral), ya que una fracción considerable del producto de estos cultivos se usa para la producción animal. Estos cultivos mostrarían mayores valores si se hubiera medido también el consumo indirecto de proteínas.

## **Sostenibilidad**

**Criterios.** Los criterios de conservación de los recursos naturales se dividieron en dos grupos. El primero tiene que ver con el impacto negativo que los cultivos o productos básicos estudiados hacen actualmente en el ambiente. Para comprender este impacto se revisaron tres aspectos: el grado de erosión y agotamiento del suelo, el uso de los plaguicidas, y el aumento de la deforestación asociada con el cultivo de tales productos. El otro grupo de criterios atiende a la contribución potencial de las tecnologías mejoradas al perfeccionamiento de los recursos naturales básicos. En esta parte del análisis se tuvieron en cuenta la naturaleza anual o perenne del cultivo básico, su capacidad para la rotación con otros cultivos y para adaptarse a un ambiente, y la posibilidad de hacer en él un menor uso de los insumos.

Tanto el criterio del 'impacto negativo' como el del 'aporte de la tecnología' se aplicaron a los tres ecosistemas propuestos al CIAT, para que intervenga en ellos en relación con el manejo de los recursos naturales. Estos ecosistemas son las sabanas, los márgenes del bosque, y las zonas de ladera de altitud media.

**Resultados.** Consultando a varios expertos, y partiendo de los datos existentes, se hizo una evaluación cualitativa de las zonas seleccionadas (Cuadro S2.8).

En las zonas de ladera, la erosión es, sin duda, un problema crítico. La yuca y, en menor grado, el frijol y las pasturas degradadas contribuyen a la erosión de estas tierras; además, en ellas la producción de hortalizas se caracteriza por el abuso de los plaguicidas.

Las pasturas mejoradas que permiten una producción intensiva de leche y de cultivos permanentes, como los cítricos y hasta cierto punto el plátano, pueden reducir sustancialmente la erosión y el agotamiento del suelo.

En el frijol, la yuca y las hortalizas, la tecnología mejorada puede corregir los problemas de conservación que ocasiona actualmente el cultivo de estos productos. Además, las hortalizas cultivadas en la mejor parte de las fincas mejorarían los escasos ingresos de muchos agricultores de pocos recursos, y reducirían así la sobreexplotación de la tierra.

En las sabanas ácidas de América Latina, el monocultivo de la soya y, en menor grado, el arroz y las pasturas degradadas han generado una pérdida severa de nutrimentos

Cuadro S2.8. Determinación de la contribución relativa de la tecnología de cultivos básicos a la conservación de los recursos naturales en determinadas zonas ecológicas de América Latina<sup>a</sup>, o sea, frijol (FR), arroz (AR), yuca (YU), leche (LE), carne de res (CR), banano (BAN), plátano (PL), cítricos (CIT), sorgo (SO), soya (SOY), algodón (ALG) y hortalizas (HT). Objetivo: CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES.

Zonas	Impacto <sup>b</sup>	FR	AR	YU	LE <sup>c</sup>	CR <sup>c</sup>	BAN	PL	CIT	SO <sup>c</sup>	SOY <sup>c</sup>	ALG	HT
Laderas	Impacto negativo	**	*	***	**	**	*	*	*	*	*	*	**
	Contribución potencial positiva	**	*	**	***	**	**	**	***	*	*	*	**
Sabanas	Impacto negativo	*	**	*	*	*	*	*	*	*	***	*	**
	Contribución potencial positiva	*	***	*	**	***	**	*	**	**	**	*	*
Márgenes del bosque	Impacto negativo	*	**	**	**	***	**	*	*	*	*	*	*
	Contribución potencial positiva	*	**	**	*	**	*	**	**	*	*	*	*

a. Zonas ecológicas para América Latina y el Caribe, determinadas por la Unidad de Estudios Agroecológicos del CIAT.

b. Contribución: \* = pequeña; \*\* mediana; y \*\*\* = grande.

c. América Latina tropical, excluyendo a Argentina, Chile y Uruguay.

del suelo por la escorrentía. En esa misma región, el uso de plaguicidas en la soya y en las hortalizas también se ha tornado peligroso.

Las pasturas bien manejadas son la clave para usar mejor los recursos naturales en este ecosistema, pero deben complementarse haciendo rotaciones de cultivos y pasturas. Los resultados preliminares de integrar al establecimiento y a la renovación de las pasturas líneas de arroz --recientemente desarrolladas-- que toleran los suelos ácidos sugieren la existencia de un gran potencial agrícola para estos sistemas. La soya y el sorgo podrían cumplir funciones similares en la rotación de cultivo y pastura, o de cultivo y cultivo. Los cultivos perennes, como los cítricos o el banano, permitirían el uso racional de la tierra en las partes un poco empinadas de la sabana.

Los márgenes del bosque comprenden las zonas actualmente cubiertas de bosque y las que lo estuvieron en el pasado. En las primeras es necesario intervenir políticamente antes de introducir tecnologías mejoradas, para detener el avance de la invasión. Aunque el potencial para intensificar el uso de la tierra --generado por tecnologías apropiadas-- en las áreas ya deforestadas es aparentemente alto, debe someterse a seguimiento cuidadoso para evitar la expansión de esa frontera, que se produciría si hubiese mayor rentabilidad agrícola en el área explotada.

Los cultivos de los colonos, como el frijol, el arroz y la yuca, desempeñan un papel en la degradación del ecosistema, ya que a menudo los sigue la actividad ganadera que se establece en pasturas no sostenibles. En Bolivia y Brasil, el establecimiento de hatos no relacionado con la colonización previa que hace el pequeño agricultor se ha convertido en una amenaza constante para el ecosistema.

La tecnología podría hacer un impacto positivo en estos cultivos, ya que ellos se relacionan muy estrechamente con las estrategias de supervivencia de los colonos. Los cultivos perennes --principalmente el banano, el plátano y los cítricos-- tendrían otra vez una ventaja significativa, no sólo en términos de conservación del suelo, sino también por la estabilidad que proporcionan al sistema de producción.

## **Consideraciones de carácter institucional**

**Criterios.** Se propusieron dos criterios: el nivel actual y la capacidad de investigación de los programas nacionales con respecto a un cultivo o producto básico específico; y la contribución, si la hubiere, de la investigación hecha por los centros internacionales.

**Resultados.** Respecto a los cultivos o productos básicos que actualmente investiga el CIAT, hay información suficiente sobre el nivel y la capacidad de investigación de los programas nacionales. Sin embargo, como la información sobre otros productos agropecuarios básicos era escasa, fue necesario hacer evaluaciones subjetivas.

En la evaluación de los resultados surge nuevamente el viejo dilema de si el CIAT debe trabajar con los programas nacionales débiles o con aquéllos que son relativamente fuertes. En este análisis prevaleció el criterio de que el CIAT debe trabajar con los programas de vigor intermedio. El Cuadro S2.9 presenta los resultados de estas consideraciones de carácter institucional.

El esfuerzo actual de investigación del frijol, en América Latina, y del arroz hecho por los programas nacionales parece apropiado para establecer una colaboración exitosa. Cabe anotar que las organizaciones de productores pueden desempeñar una función vital en la investigación nacional, como ocurre con el arroz; por consiguiente, la evaluación del vigor de un sistema nacional, considerado como un todo, puede diferir de la que se haga a un programa específico. Respecto a los demás cultivos básicos, la investigación realizada por los programas nacionales de América Latina y del Caribe manifestó invariablemente algunas debilidades.

A pesar de que los centros internacionales investigan poco o nada los cítricos, la soya y el algodón, debe tenerse en cuenta que el sector privado de los países en desarrollo investiga intensamente estos cultivos.

A pesar de que se está investigando a nivel internacional sobre yuca, leche y carne de res, esta investigación no se relaciona directamente con América Latina y el Caribe. En el caso del banano, tanto el sector privado como los centros internacionales están investigando mucho este cultivo.

## **Conclusiones**

El Cuadro S2.10 resume los puntajes obtenidos por cada cultivo o producto básico respecto a los criterios considerados. El conjunto de cultivos o productos básicos en que actualmente investiga el CIAT surge como algo muy relevante dentro del marco impuesto al análisis y dentro de los límites geográficos de éste. Por ejemplo, si se tuvieran en cuenta algunos de los beneficios adicionales que la investigación sobre yuca trae a Africa, el cultivo tendría más relevancia. Aparte de los cultivos o productos básicos de que actualmente se ocupa el CIAT, el sorgo y la soya pueden hacer una contribución útil a ese conjunto de cultivos o productos, porque su potencial se concentra muy claramente en una zona agroecológica. Los cítricos, por su parte, merecen atención desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Miremos ahora los grupos de criterios empleados, con el fin de obtener una idea de la jerarquización relativa de los cultivos o productos básicos opcionales.

Desde el punto de vista del crecimiento, los cultivos o productos básicos que recibieron mayor puntaje son el arroz, la leche y la carne de res. Aunque su puntaje fue bajo respecto a uno de los criterios --potencial de generación de divisas-- se

Cuadro S2.9. Criterios de decisión para seleccionar los cultivos y productos básicos del CIAT, es decir, para frijol (FR), arroz (AR), yuca (YU), leche (LE), carne de res (CR), banano (BAN), plátano (PL), cítricos (CIT), algodón (ALG) y hortalizas (HT).  
Objetivo: CONSIDERACIONES DE CARACTER INSTITUCIONAL.

Criterios	FR		AR	YU		LE	CR	BAN	PL	CIT	SO	SOY	ALG	HT
	AL <sup>a</sup>	AL+ <sup>a</sup>		AL	AL+									
Investigación actual hecha por los programas nacionales	I	I	I	D,F	D,F	D,F	I	D,F	I	D,F	I	D,F	D,F	I
Investigación actual realizada por otras instituciones de investigación de nivel internacional	CRSP		IRRI WARDA	IITA		ILCA ILRAD		INIBAP IRFA IITA CATIE			INTSORMIL ICRISAT			AVRDC
Tiempo muerto de la investigación (años)	4	4	4	8	6	4	4	6	6	8	7	4	4	4

- a. AL = América Latina tropical, excluyendo a Argentina, Chile y Uruguay; AL+ = América Latina tropical más Asia (para yuca) y Africa (para frijol y habichuela).  
b. D,F = débil y fuerte; I = intermedia.

Cuadro S2.10. Resumen del aporte<sup>a</sup> de varios cultivos o productos básicos a los objetivos del CIAT en América Latina (AL).

Producto básico	Crecimiento económico	Equidad	Recursos naturales		Consideraciones de carácter institucional
			Impacto <sup>b</sup> negativo	Aporte <sup>c</sup> positivo	
Frijol					
AL	*	**	*	*	***
Africa	**	***	**	**	**
Arroz	***	**	**	**	
Yuca <sup>d</sup>					
AL	*	***	**	*	**
Asia	**	**	***	**	**
Leche	***	**	**	**	**
Carne de res	***	**	***	***	***
Banano	**	*	*	*	*
Plátano	*	*	*	*	*
Cítricos	*	*	***	*	*
Sorgo	*	*	*	*	***
Soya	**	*	**	*	**
Algodón	*	*	*	*	*
Hortalizas	*	*	**	*	***

- a. Contribución pequeña (\*), intermedia (\*\*), y grande (\*\*\*).
- b. Impacto negativo de las actuales prácticas de cultivo sobre los recursos naturales.
- c. Posible aporte de la tecnología mejorada a la conservación de los recursos en agroecosistemas escogidos (véase Cuadro S2.8). Para la yuca y el frijol se presume una contribución externa a América Latina.
- d. El presente análisis no incluye los beneficios de la investigación en yuca del CIAT para Africa, donde el IITA tiene el mandato operativo. Se reconoce que la investigación en yuca del CIAT ofrece potencial para las condiciones de Africa.

comportan mejor que el resto de los cultivos o productos en otros aspectos relacionados con el crecimiento, incluyendo en ellos el valor actual de la producción.

En el segundo grupo de criterios, denominado equidad, los dos ganadores son el frijol y la yuca, especialmente cuando se tiene en cuenta el mandato global del CIAT. El arroz tiene un puntaje muy alto en equidad entre los consumidores pobres pero no entre los productores. La leche y la carne de res son menos importantes en este aspecto que el arroz. Ninguno de los cultivos o productos básicos que no pertenece al conjunto de los que actualmente investiga el CIAT se muestra relevante desde el punto de vista de la equidad.

En términos de conservación de los recursos, los pastos tropicales están en capacidad de reducir sustancialmente la erosión y el agotamiento de los suelos; no obstante, hacen actualmente un impacto negativo importante, debido a la degradación de las pasturas y al establecimiento de hatos en las márgenes de los bosques. El papel de la yuca y del frijol cobra importancia, tanto en términos positivos como negativos, si se tiene en cuenta su producción por fuera de América Latina. La producción de cítricos tiene una función importante que cumplir, especialmente en las zonas de ladera. En las sabanas, la soya ocasiona problemas que requieren atención.

Finalmente, en lo que se refiere a los aspectos de carácter institucional, el tiempo que transcurre entre el comienzo de la investigación y la obtención de resultados en pastos tropicales, frijol y sorgo es relativamente corto, y las oportunidades de complementar en este campo los esfuerzos nacionales e internacionales parecen buenas. El arroz, la yuca y la soya también parecen promisorios en este aspecto institucional, aunque en menor grado.

## Referencias

- Antony, G.; Anderson, J. R. y Kauzi, G. Y. 1988. Prediction of the aggregate effects of agricultural research: Ex ante analysis of export-crop research in Papua New Guinea. Documento preliminar. Department of Agricultural Economics and Business Management, University of New England, Armidale, N.S.W., Australia.
- Banco Mundial. 1989. World development report 1989. Washington, DC, E.U.
- CEPAL. 1990. Magnitud de la pobreza en América Latina en los años ochenta. San José, Costa Rica.
- Davis, J. S.; Oram, P. A. y Ryan, J. G. 1987. Assessment of agricultural research priorities: An international perspective. Australian Center for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia.

- Davis, J. S.; Oram, P. A. y Ryan, J. G. 1989. Data on commodity values, developed in support of TAC decision making. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia. (Manuscrito.)
- FAO. 1988. Potentials for agricultural and rural development in Latin America and the Caribbean; Annex II: Rural poverty. Roma, Italia.
- Haggblade, S. y Hazell, P. 1989. Agricultural technology and farm-nonfarm growth linkages. *Agricultural Economics* 3:345-364.
- Hazell, P. y Roell, A. 1983. Rural growth linkages: Household expenditure patterns in Malaysia and Nigeria. Research report no. 41. IFPRI, Washington, DC, E.U.
- Henry, G. y Janssen, W. (eds.). s.f. Snap beans in the developing world. Memorias de una conferencia internacional. CIAT, Cali, Colombia. (En impresión.)
- Herd, R. W. y Riely, F. Z. 1987. International rice research priorities: Implications for biotechnology initiatives. Trabajo presentado en la Conferencia sobre Asignación de Recursos para la Investigación Agrícola de los Países en Desarrollo, julio 6-10 de 1987. Fundación Rockefeller, Bellagio, Italia.
- Janssen, W.; Sanint, L. R. y Seré, C. 1989. Multiple objective making at CIAT. CIAT, Cali, Colombia. (Manuscrito.)
- Lindner, R. K. y Jarrett, F. G. 1978. Supply shifts and the size of research benefits. *American Journal of Agricultural Economics* 60(1):48-58.
- Lynam, J. K. y Jones, P. G. 1986. The measurements of the gains from agricultural research, again. Documento preliminar. CIAT, Cali, Colombia.
- McIntire, J. 1985. Allocation of livestock research resources in sub-Saharan Africa. ILCA bulletin 22. ILCA, Addis-Abeba, Etiopía.
- Mellor, J. W. y Lele, U. 1973. Growth linkages of the new food grain technologies. *Indian Journal of Agricultural Economics* 18:35-55.
- Mueller, R. A. E. 1989. Choosing the right research pond or figuring research priorities with implementation in mind. Economics Group, Resource Management Program, ICRISAT, Hyderabad, India. (Manuscrito.)
- Norton, G. W. y Pardey, P. G. 1988. Priority setting mechanisms for national agricultural research systems: Present experience and future needs. Working paper no. 7. ISNAR, La Haya, Holanda.

Pachico, D.; Lynam, J. K. y Jones, P. G. 1987. The distribution of benefits among classes of consumers and producers: An ex ante analysis of beans in Brazil. *Research Policy* 16(5):279-285.

Romero, R. y Rehman, T. 1989. Multiple criteria analysis for agricultural decisions. Elsevier Science, Amsterdam, Holanda.

Saaty, T. L. 1986. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science* 32(7):841-855.

TAC. 1988. TAC's approach to CGIAR priority assessment. TAC working document AGR/TAC/IAR/88/12. FAO, Roma, Italia.

## Apéndice 1. MODEXC, un modelo para calcular los excedentes económicos

MODEXC es un modelo fácil de usar, que se puede correr en Lotus 1-2-3 siguiendo una serie de menús. Se basa en el método de evaluación de tecnologías propuesto por Lynam y Jones (1986) y aplicado, entre otros, por Pachico et al. (1987) y Antony et al. (1988).

MODEXC simula la evolución del equilibrio del mercado en términos del cambio tanto de la oferta como de la demanda. En el modelo, los cambios en la oferta provienen de dos fuentes: 1) el cambio tecnológico en evaluación (objetivo del análisis), y 2) otros cambios tecnológicos y de la oferta asociados con el crecimiento autónomo del sector de producción. Desde el punto de vista de la demanda, los cambios autónomos que ocurren se relacionan con el crecimiento demográfico, con cambios en los niveles de ingreso, y con variaciones en los precios de los sustitutos. El modelo hace cálculos anuales de los beneficios totales y de los beneficios que obtienen los productores y consumidores como resultado, no sólo del cambio tecnológico evaluado, sino también de los cambios relacionados con las variaciones autónomas de la oferta.

El modelo aplica tres criterios para determinar los beneficios económicos asociados con la inversión en la investigación agrícola:

1. El valor presente neto de los excedentes económicos.
2. La tasa interna de retorno (TIR) de la inversión en la investigación.
3. La relación costo-beneficio.

### El modelo matemático

$$[1] S_0 = C (P - M)^d \quad \text{Función inicial de la oferta}$$

$$[2] S_1 = CK_s K_1 (PK_2 - M/K_3)^d \quad \text{Función de oferta desplazada; incluye los cambios tecnológicos y los autónomos}$$

$$[3] D_0 = \beta P^{(n_p)} \quad \text{Función inicial de demanda}$$

$$[4] D_1 = \beta K_d P^{(n_p)} \quad \text{Función de demanda desplazada}$$

Donde:

- P = Precio del cultivo o producto básico  
M = Precio mínimo de la oferta

$$d = \frac{E_p (P_0 - M)}{P_0} \quad \text{donde } E_p \text{ es la elasticidad-precio de la oferta}$$

$P_0$  = Precio inicial del equilibrio de mercado

$$C = \frac{Q_0}{(P_0 - M)_d}$$

$Q_0$  = Cantidad inicial del equilibrio de mercado

$K_a$  =  $(1 + \delta)^t$  = Cambio autónomo de la oferta

$\delta$  = Tasa anual de crecimiento de la oferta debida a fuerzas autónomas

$t$  = Tiempo

$\beta$  = Intercepto de la función de demanda

$\eta_p$  = Elasticidad-precio de la demanda

$K_d$  =  $(1 + \gamma)^t$  = Cambio de la demanda, donde ' $\gamma$ ' es la tasa de crecimiento anual neto de la demanda

$K_1, K_2, K_3$  = Factores de desplazamiento originados por el cambio tecnológico

El modelo considera tres escenarios diferentes para el desplazamiento de la oferta, según el tipo de cambio tecnológico, así:

1. Cuando  $K_1 > 1$  y  $K_2 = K_3 = 1$ , se supone que hay un desplazamiento pivotal divergente.
2. Cuando  $K_2 > 1$  y  $K_1 = K_3 = 1$ , se presume un desplazamiento no pivotal divergente.
3. Cuando  $K_3 > 1$  y  $K_2 = K_1 = 1$ , se presume un desplazamiento no pivotal convergente.

**Resultados.** MODEXC calcula la cantidad y los precios de equilibrio, en dos etapas y durante cada año de evaluación. En la primera etapa calcula la cantidad y los precios basándose en el supuesto de que sólo ocurren cambios autónomos en el sistema. En la segunda etapa calcula la cantidad y los precios partiendo del supuesto de que ocurren tanto cambios autónomos como cambios generados por la innovación

tecnológica. El modelo estima tres tipos de excedentes económicos: los generados por los cambios autónomos, los relacionados con el cambio tecnológico, y los excedentes totales.

MODEXC posee una opción para estimar los excedentes económicos en situaciones alternativas de economía cerrada o abierta. En el segundo caso, el modelo estima la producción total, el consumo doméstico, y el comercio (importaciones o exportaciones).

Para calcular la relación costo-beneficio y la TIR de la inversión en la investigación, el modelo permite incorporar los gastos de la investigación que se causarían en un período comprendido entre los 10 años anteriores al período inicial de evaluación (año cero) y los 50 años posteriores al año inicial de evaluación.

## Apéndice 2. Estimación de los efectos de encadenamiento

El modelo distingue cinco sectores de oferta:

- Sector 1. Comprende los datos sobre el cultivo o producto básico comercializable que se evaluará. Si se evalúa un cultivo o producto básico no comercializable, este sector se deja en blanco.
- Sector 2. Comprende la oferta de los demás cultivos o productos básicos comercializables. Para los sectores 1 y 2, se le da al modelo un precio fijo (o de mercado mundial).
- Sector 3. Contiene la información sobre el cultivo o producto básico no comercializable que se evaluará. Si se evalúa un cultivo o producto básico comercializable, el sector 3 se deja en blanco.
- Sector 4. Comprende la oferta de los demás productos agrícolas no comercializables.
- Sector 5. Comprende la oferta de todos los bienes y servicios que no son comercializables ni provienen del sector agrícola.

Para los sectores 3, 4 y 5 se definen la demanda intermedia y la final. Es necesario equilibrar la oferta y la demanda de los sectores 3, 4 y 5 en el modelo.

El ingreso se define como la diferencia entre el valor total de la producción y el valor de la demanda intermedia. En el caso de los productos no comercializables, se incluye un término que define el aumento del ingreso recibido por los consumidores, y que resulta del efecto que hace el cambio tecnológico en el precio.

El modelo posee ecuaciones lineales de oferta y de demanda; se escribe en una hoja electrónica de microcomputador y se resuelve mediante un procedimiento iterativo.

### Oferta

$$S_i = a_i + b_i \cdot P_i \quad (1)$$

Para  $i = 1$  hasta 5

Donde:

S = Oferta

P = Precio

a,b = Coeficientes de la ecuación de oferta

### **Demanda final**

$$D_i = c_i + d_i \cdot P_i + e_i \cdot Y_i \cdot (1 - s) \quad (2)$$

Para  $i = 3$  hasta 5

Donde:

D = Demanda final  
s = Cuota de ahorro  
Y = Ingreso  
c, d, e = Coeficientes de ecuación de la demanda

Para los sectores comercializables (1 y 2) toda la oferta se establece a un precio fijo.

### **Demanda intermedia**

$$ID_i = \sum_j^5 f_{ij} \cdot S_j \quad (3)$$

Para  $j = 3$  hasta 5

Donde:

$f_{ij}$  = Fracción intermedia de la demanda desde el sector  $j$  hasta el sector  $i$

$ID_i$  = Demanda intermedia de la producción del sector  $i$

### **Demanda total**

$$TD_i = D_i + ID_i \quad (4)$$

Donde:

TD = Demanda total

### **Ingreso**

$$Y = \sum_j^5 S_j \cdot P_j - \sum_i^5 \sum_j^5 f_{ij} \cdot S_j \cdot P_i + (D_3^T \cdot P_3^T - D_3^o \cdot P_3^o) \quad (5)$$

El primer término después del signo igual expresa la oferta total; el segundo término expresa el uso que hacen de los insumos los diferentes sectores; el tercero expresa el aumento del ingreso de los consumidores ocasionado por el posible efecto del cambio tecnológico en el precio de un producto básico no comercializable. El exponencial (T) indica que ha ocurrido un cambio tecnológico y el exponencial (o) que éste no ha ocurrido.

## Equilibrio

$$S_i = TD_i \quad (6)$$

Para  $i = 3$  hasta 5

**Valores de los parámetros.** Se calculan  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $d_i$  y  $e_i$  partiendo de las elasticidades esperadas de la oferta y la demanda, de los niveles de precios, y de las cantidades de equilibrio. El Cuadro S2.5 muestra los supuestos en que se basa cada parámetro.

El cultivo o producto básico en evaluación tiene una elasticidad-precio de la oferta de 0.8. Se considera que los productos agrícolas y otros no comercializables tienen una oferta perfectamente elástica.

La elasticidad-precio de la demanda de los sectores no comercializables se estableció en -0.5. La elasticidad del gasto cambia según el producto que se evalúa; ella refleja la cantidad del ingreso adicional que se emplea en productos comercializables o no comercializables.

Las cantidades en equilibrio del modelo reflejan, hasta cierto punto, la economía colombiana. El ingreso total se acerca a los US\$50 mil millones, y la contribución del sector agrícola es de 25%. El sector de productos que no son agrícolas ni comercializables equivale, aproximadamente, a 40% de la economía total.

El valor de un cultivo o producto básico del CIAT, sea éste comercializable o no, no refleja su contribución real al PIB. En todos los casos, se le asignó un valor inicial de US\$1.0 mil millones. Cuando los demás sectores no comercializables tienen una oferta totalmente elástica, el tamaño relativo de los diferentes sectores no afecta el tamaño de los multiplicadores obtenidos; la razón es que éstos dependen únicamente del uso relativo de los insumos, y de la elasticidad-ingreso de la demanda doméstica.

**Evaluación del cambio tecnológico.** Incorporando al modelo los valores correspondientes al uso de los insumos y a la elasticidad-ingreso de cada cultivo o producto básico, y simulando un cambio en la oferta en el sector 1 o en el 3, es posible evaluar el impacto del cambio tecnológico en la producción de ese cultivo o producto básico, así como en otros sectores. El multiplicador se obtiene dividiendo el cambio en el ingreso que ocurra fuera del cultivo o producto básico, por el aumento de la producción generado por el cambio tecnológico. Esta cifra se multiplica por el valor presente neto de los incrementos en la producción obtenidos en el modelo de equilibrio parcial, para obtener así el valor presente neto del efecto de encadenamiento.

### Apéndice 3. Estimaciones del efecto de empleo causado por la nueva tecnología

El efecto de la nueva tecnología en la situación del empleo se estimó para el último año del período de planeación (año 2025).

**Estimación del efecto indirecto.** Suponiendo que la productividad de la mano de obra es constante fuera del subsector afectado por el cambio tecnológico, se puede estimar el efecto indirecto como una relación lineal con la producción adicional del resto de la economía, generada por el efecto de encadenamiento.

La relación entre el empleo y la producción se expresa en términos de productividad laboral promedio. Haciendo un estimativo conservador del crecimiento del PIB de 1.5% por año desde ahora hasta el año 2025, con una tasa constante de empleo de la población total de 57%, y dada una razón de 1.46 entre la producción total y el valor total agregado (como se observa en el modelo de equilibrio general), la productividad esperada de la mano de obra para el año 2025 podrá estimarse entonces así:

$$\text{US\$1812} \times 1/0.57 \times 1.46 \times (1.015)^{38} = \text{US\$8172 por año}$$

Donde:

US\$1812 = PIB per cápita en 1987 (Banco Mundial, 1989); otros términos, como se expresaron anteriormente.

El modelo de equilibrio general permite calcular la producción adicional por fuera del subsector, generada por el efecto de encadenamiento. Dividiendo ésta por el cambio en la producción que, dentro del subsector, causa la tecnología, se deriva para cada cultivo o producto básico el "multiplicador de producción-producción". Este se aplicó a la producción adicional estimada, en el modelo de equilibrio parcial, para el año 2025. El valor obtenido se dividió por la productividad esperada de la mano de obra por persona en el año 2025, para encontrar los años de empleo generados por el efecto indirecto.

**Estimación del efecto directo.** Suponiendo que la tecnología de producción agrícola busca normalmente aumentar el rendimiento por hectárea sin alterar sustancialmente el empleo de la mano de obra por hectárea, se puede estimar el efecto directo de empleo partiendo de los siguientes datos:

1. Producción total (toneladas) con cambio tecnológico y sin él ( $P_0$  y  $P_1$ ).
2. Rendimientos (toneladas por ha) con cambio tecnológico y sin él ( $Y_0$  y  $Y_1$ ).

3. Uso de la mano de obra (días por ha) en actividades relacionadas con la tierra, en el año 2025 (L).
4. Uso estimado de la mano de obra (días por tonelada) en las actividades relacionadas con la producción (T).
5. Días laborales por año (DL).

Suponiendo que el uso de la mano de obra, por ha y por tonelada, sería el mismo antes y después del cambio tecnológico, el número de años de empleo directo dentro del subsector del cultivo o producto básico, antes del cambio tecnológico, se calcula así:

$$6. (P_0/Y_0 \cdot L + P_0 \cdot T)/DL$$

y después del cambio tecnológico, así:

$$7. (P_1/Y_1 \cdot L + P_1 \cdot T)/DL$$

Restando la expresión 6 de la 7, se obtiene el efecto del cambio tecnológico en el empleo, para el subsector correspondiente al cultivo o producto básico.

**Estimación del efecto total.** Sumando los efectos directos e indirectos, se obtiene el efecto total de empleo para el año 2025.



12-2-83

## TENDENCIAS DE ALGUNOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS BASICOS ESCOGIDOS<sup>1</sup>

### Introducción

Se analizaron las perspectivas de los cultivos o productos básicos en los que el CIAT se propone trabajar, no sólo los que componen su actual portafolio (pastos tropicales, frijol, yuca y arroz) sino además el sorgo y la soya. Los cuatro productos principales se analizan dentro del contexto socioeconómico general sólo en América Latina, mientras que en Africa se hace énfasis en el frijol y la yuca, y en Asia en la yuca, dado que sobre estos dos cultivos el CIAT ha recibido un mandato mundial. Este análisis sirve de base para planear las futuras actividades del CIAT. Los datos utilizados contienen información estadística publicada (principalmente de la FAO) de calidad variable, que refleja las diferencias que hay tanto en el desarrollo de los sistemas de recolección de datos estadísticos en un país o en otro, como en la importancia económica actual de los productos agropecuarios básicos en determinados países. Conviene tener en cuenta que las estadísticas de orden nacional pueden ocultar cambios importantes en la productividad de los cultivos en determinadas regiones; uno de tales cambios es el desplazamiento de los cultivos de la tierra fértil a la tierra marginal, estimulado por el desarrollo de cultivares que se adaptan mejor a las condiciones de los ambientes marginales. Además, aunque varios materiales del CIAT han sido aceptados por los agricultores a pesar del poco tiempo transcurrido desde su liberación, las áreas en que han sido cultivados son aún muy pequeñas para que puedan reflejarse en las estadísticas nacionales de rendimiento.

Este grupo de estudio comparte el criterio de que el crecimiento económico de los países en desarrollo durante la década de los 90 provendrá del aumento en el comercio y del desarrollo tecnológico del sector agrícola. Este desarrollo impulsará una demanda efectiva, que generará a su vez una amplia participación en el proceso de desarrollo. Las proyecciones desarrolladas en este trabajo se basan en perspectivas de crecimiento económico moderadamente optimistas. Las proyecciones de la

- 
1. Preparado por C. Seré (anteriormente economista del Programa de Pastos Tropicales), Willem Janssen (economista del Programa de Frijol), Luis R. Sanint (economista del Programa de Arroz), W. Grisley (economista del Programa Regional de Frijol para Africa Oriental), L. Rivas (economista del Programa de Pastos Tropicales), J. Cock (anteriormente Líder del Programa de Yuca) y R. Best (Líder del Programa de Yuca).

demanda se basan en una supuesta tasa anual de crecimiento del ingreso per capita de 1.5%, y las tasas de crecimiento demográfico en estimaciones del Banco Mundial para algunos países.

## **América Latina**

**Frijol.** El frijol es un cultivo alimenticio tradicional producido por pequeños agricultores en grandes zonas de América Central y del Sur, que emplean diversas técnicas de producción. Durante las últimas dos décadas, el crecimiento anual de la producción de frijol fue ligeramente superior a 1%, muy por debajo de la tasa de crecimiento demográfico de 2.4%. La producción anual aumentó en la última década a un promedio de 2.3%, a causa principalmente de la buena producción obtenida en México, en América Central, y en países del Cono Sur como Argentina y Chile. Si se tiene en cuenta el aumento de las importaciones, la disponibilidad de frijol aumentó anualmente en 2.5% durante el período 1976-1986.

El comportamiento positivo del sector productor de frijol durante la última década se debió principalmente al aumento del área cultivada, no a la productividad. Este aumento representa, al año, un 2.5% en Brasil y en los países del Cono Sur, y más de 3.0% en México y en América Central. Aunque la productividad tuvo un desempeño negativo en el período 1976-1986, este descenso no fue tan bajo como el de la década anterior.

Es importante hacer algunas observaciones en relación con este breve análisis del crecimiento del área y de la productividad del frijol. Para algunos países, como Guatemala y Costa Rica, es posible que la expansión del área sembrada con frijol se haya sobreestimado. En ambos países se liberaron variedades mejoradas que posteriormente fueron adoptadas por un número considerable de agricultores. En Costa Rica, estas nuevas variedades se difundieron en más de 21,000 hectáreas y superaron a las variedades tradicionales en cerca de 240 kg/ha. En Guatemala, esas variedades se adoptaron en más de 12,000 hectáreas y superaron a las tradicionales en cerca de 340 kg/ha. En consecuencia, el aumento promedio en el rendimiento durante el período 1982-1986, resultante de la difusión de variedades mejoradas, fue probablemente de 26 kg/ha en Guatemala y de 100 kg/ha en Costa Rica. Aunque las estadísticas de la FAO muestran tendencias negativas en el rendimiento en ambos países, la evidencia de la liberación y la adopción no confirma dichos datos.

Las tendencias negativas de las estadísticas de rendimiento de la FAO pueden ser el resultado de varios factores: en primer lugar, las variedades mejoradas tienen mayor rentabilidad y motivan un aumento en las solicitudes de crédito, que a su vez afectan la estimación del área sembrada. En segundo lugar, las estadísticas de producción se basan frecuentemente en la disponibilidad del producto en el mercado,

y estos datos se rastrean posteriormente hasta llegar a cifras de área en las cuales se supone un rendimiento por hectárea constante.

El aumento del área en Brasil y México se presentó en zonas productoras no tradicionales. El frijol se desplazó hacia estas zonas, en parte por las ventajas comparativas de la producción, como ocurrió en México donde el frijol se desplazó a una zona semiárida (las montañas del norte) que posee una estación lluviosa de 60 a 90 días de duración. A diferencia de casi todos los demás cultivos, las variedades precoces de frijol pueden dar una cosecha aceptable durante esta estación corta. En otros países, el frijol migró a zonas no tradicionales en razón de su baja rentabilidad. En Brasil, por ejemplo, el cultivo de soya --lo mismo que el maíz y el arroz-- es más productivo que el de frijol, y ha desplazado a éste de la tierra fértil a la tierra marginal. Para evitar que esta marginalización continúe, es necesario aumentar la rentabilidad del frijol, es decir, no sólo debe aumentar el retorno a la tierra sino también los retornos a la mano de obra. Las variedades que se adapten al sistema agrícola y que acepten la mecanización selectiva serán decisivas para mejorar la productividad de la mano de obra.

El potencial de las prácticas de manejo y del uso mejorado de los insumos (fertilizante, control químico selectivo) para aumentar la productividad no se ha explotado suficientemente en muchas zonas productoras de frijol. Dado el aumento en la comercialización de la producción de frijol, cada vez más agricultores intensificarán su sistema de producción de frijol. Un ejemplo es el uso intenso del control químico por los cultivadores de frijol del oriente de Antioquia, en Colombia, una región bien integrada al mercado urbano en donde, en promedio, se asperja el frijol seis veces por ciclo de cultivo. Otro ejemplo es el aumento de la producción de frijol bajo riego en Brasil (mal documentada), por su considerable retorno a corto plazo. Para complementar el mejoramiento genético y aumentar la productividad, se necesitarán prácticas culturales estratégicas e investigación sobre el manejo del cultivo, de manera que se puedan prever estas tendencias hacia la intensificación.

El frijol es una fuente importante de proteína en la alimentación de la población urbana y rural de América Latina cuyo ingreso va de medio a bajo. Debido a que 70% de los latinoamericanos vive en zonas urbanas, la disponibilidad de frijol a precios accesibles es un aspecto político importante. Aunque la elasticidad-ingreso del consumo de frijol es positiva para los rangos de ingreso medio y bajo, las oportunidades comerciales para los productores de frijol continuarán aumentando. Esto se debe, primero, a que la población urbana continuará creciendo. Segundo, a que el impacto de la urbanización en el consumo del frijol no siempre es negativo, como sí lo es en los alimentos básicos más tradicionales; en Colombia, por ejemplo, la disponibilidad urbana de frijol es mayor que la rural porque esta leguminosa no se cultiva en muchas zonas del país. Tercero, con el aumento de los ingresos, el consumo de frijol varía de los tipos de grano de menor preferencia a los de mayor preferencia. Aunque esto no eleva el consumo en kilogramos por persona, sí aumenta el gasto per

cápita. La evidencia obtenida en varios países (Honduras, El Salvador, Perú, Colombia) sugiere que para que se adopten con éxito las variedades de frijol, éstas deben mejorarse simultáneamente por caracteres agronómicos y comerciales. Los productores de frijol prestarán cada vez más atención a las preferencias del consumidor respecto a las características de consumo del frijol. El almacenamiento y el mercadeo del frijol exigirán mayor investigación y atención política.

Las proyecciones de las tendencias globales de producción y consumo de frijol no señalan un déficit en la oferta de este grano hasta el año 2000 (Cuadro S3.1). Sin embargo, el nivel de agregación oculta el hecho de que, para el año 2000, se proyecta un déficit anual de 351,000 y 107,000 toneladas, respectivamente, para Brasil y la región andina. El estimativo para Brasil es pesimista, pero refleja la lentitud del crecimiento de la productividad y la consiguiente marginalización. Si se pueden desarrollar antes nuevas opciones tecnológicas, como el riego o una mejor adaptación a suelos ácidos, el déficit real puede ser inferior. Para la región andina, el déficit estimado equivale a 34% de la producción, se concentra principalmente en Perú y Ecuador, y se convierte en una perspectiva desalentadora pero real de la utilización del frijol en esta región.

Se espera que México y América Central tengan excedentes, lo cual, en el caso de México, depende de que continúe la expansión del cultivo de frijol en las montañas del norte. Puesto que la expansión futura implicará mayores costos, el crecimiento de la producción puede disminuir en México, reduciendo así los excedentes del país. En el caso de América Central, el crecimiento de la producción depende más del mejoramiento de la productividad, lo cual requiere mejorar el material de siembra y el uso de los insumos. Excluyendo los países exportadores --Argentina y Chile-- el déficit total para América tropical se calcula en 343,000 toneladas.

El frijol se produce en fincas en las que generalmente se siembran muchos otros cultivos. La importancia del frijol en estas fincas se define en términos de la rentabilidad de este cultivo en relación con la de los demás cultivos. En muchas fincas pequeñas, los cultivos que compiten con el frijol son las hortalizas, las frutas, y el café. Puesto que estos cultivos pueden sustituir fácilmente al frijol, la productividad de éste tendrá que ser tan alta como la de los otros cultivos para que sea incluido en los planes de producción. En las fincas grandes, el frijol compite con la soya, el algodón, el sorgo, el maíz y la caña de azúcar; la productividad de la mano de obra será la clave para mantener o aumentar la importancia del frijol en estas fincas.

En la década de los 70 y en la de los 80, cuando se redujo la productividad del frijol, su desplazamiento a áreas de producción no tradicionales permitió que su producción se mantuviera a la par del crecimiento demográfico. Sin embargo, la fuerte demanda urbana elevó los precios del frijol en muchos países. Estas tendencias deben revertirse en la década de los 90, lo cual significa que el mejoramiento de las variedades y el mejor manejo del cultivo deben aumentar la producción total y la productividad a un

Cuadro S3.1. El frijol en América Latina: situación en 1984-1986 y proyección del balance de producción y consumo (en miles de toneladas) para el año 2000.

Región o país	1984-1986			2000		
	Producción	Consumo	Diferencia	Producción	Consumo	Diferencia
Brasil	2465	2514	-49	2945	3296	-351
México	989	1104	-115	1643	1536	107
Región Andina	260	294	-34	298	405	-107
América Central	290	309	-19	462	442	20
El Caribe	120	125	-5	146	158	-12
Cono Sur	334	85	249	496	104	392
Total	4458	4431	27	5990	5941	49

ritmo más rápido que el de la población del continente; de este modo disminuirá la presión en los precios impuestos a los consumidores.

**Carne de res y leche.** En 1986, América Latina tropical poseía cerca de 240 millones de cabezas de ganado (19% de la reserva mundial), que produjeron 5 millones de toneladas de carne en canal (10.5% de la producción mundial). Durante 1979-1986, las exportaciones netas de carne ascendieron, en promedio, a 4.7% de la producción total, mientras que se importó el 12% de la producción total de leche. En el mismo tiempo, la región produjo 30 millones de toneladas de leche (6.5% de la producción mundial). Esto dio lugar a niveles relativamente altos de consumo de carne per cápita (14 kg) y de leche (96 kg en 1979-1986), hecho que refleja la amplia relación tierra/hombre y la abundancia de ganado bovino en la región.

La carne y la leche son alimentos básicos en las dietas latinoamericanas. En conjunto, su participación en el presupuesto alimentario es superior a 20%, aun en las dietas del quintil de ingreso más bajo de la población. Este atributo de 'bien salario' (su precio bajo 'mejora' el salario) explica la alta prioridad de estos productos básicos en las políticas alimentarias.

Durante la década de los 70, cuando los ingresos aumentaban rápidamente, las tasas de crecimiento de la producción superaron a las de la población y los precios presentaron tendencias ascendentes. Durante este período, los precios de las aves de corral descendieron a causa del cambio tecnológico y de la sobrevaloración de las monedas; uno y otra redujeron el costo doméstico de los granos importados e indujeron un proceso sustancial de sustitución en el consumo. La recesión de los

80 afectó la demanda de carne, y las tasas de crecimiento de la producción de ésta descendieron por debajo de las de población.

Las importaciones netas de leche en polvo aumentaron sustancialmente durante los últimos años a causa del nivel bajo de los precios internacionales, de la gran disponibilidad de ayuda alimentaria de leche en polvo, y de la facilidad de introducir la leche en polvo en el mercado doméstico. Esto contrasta con la protección estructural de los mercados domésticos de la carne, causada por la falta de instalaciones para manejar y distribuir carnes importadas altamente perecederas.

En la producción de rumiantes, las estadísticas de los países reflejan una falta de aumento en la productividad; esas cifras subestiman en gran parte la contribución que el cambio tecnológico alcanzado en este sector hace al crecimiento general del sector agrícola. En otras palabras, tanto el cambio tecnológico como la infraestructura contribuyeron a desplazar la producción animal a tierras marginales, lo que liberó tierra con mejores suelos para la producción agrícola. Por lo tanto, el aporte del sector ha consistido en mantener los niveles de productividad a pesar de que usa tierra menos productiva. Esto se aprecia claramente en el caso de Brasil, donde la región de los Cerrados ha aumentado sustancialmente su participación del hato nacional; por ejemplo, la fracción del inventario de ganado bovino correspondiente a los estados de Goiás y Mato Grosso evolucionó de 15% en la década de los 50 a 31% en 1985. En Colombia, los Llanos Orientales en el Departamento del Meta poseían 0.6% del hato nacional en los 50, y en 1985 esta cantidad había ascendido a 6.1%. En gran parte, estos cambios se deben a la introducción de germoplasma forrajero adaptado a estos suelos ácidos; en particular a *Brachiaria decumbens* y, recientemente, a *Andropogon gayanus*, gramínea que desarrollaron conjuntamente el CIAT y varios programas nacionales, y que se está cultivando actualmente en toda la región latinoamericana en más de 500,000 ha.

Las proyecciones sobre carne de res muestran una tendencia hacia la reducción de los niveles de autosuficiencia, cuyo resultado es que América Latina tropical importará cerca de 360,000 toneladas de carne en el año 2000 (Cuadro S3.2). La región andina será casi autosuficiente y tendrá algunas posibilidades de exportación, mientras que América Central continuará siendo una región exportadora neta. Parte de esta demanda potencial la absorberá la carne de ave. El grupo de estudio espera que los precios de esta carne disminuyan aún más, aunque a una tasa inferior que en el pasado. Dada la protección estructural del mercado de la carne, se espera que la mayor parte de la demanda potencial se absorba mediante el aumento de los precios. El cambio tecnológico puede ayudar a reducir la presión ascendente sobre los precios, lo que beneficiaría a los consumidores. En América Central se espera que las exportaciones aumenten, dada la perspectiva limitada de crecimiento del ingreso.

La perspectiva para los precios internacionales es moderadamente optimista; por lo tanto, aunque los ingresos domésticos no aumenten o los precios de la carne de ave

Cuadro S3.2. La carne en América Latina: situación en 1984-1986 y proyección del balance de producción y consumo (en miles de toneladas) para el año 2000.

Región o país	1984-1986			2000		
	Producción	Consumo	Diferencia	Producción	Consumo	Diferencia
Brasil	2095	1768	327	2,658	2,702	-44
México	960	968	-8	1,273	1,541	-268
América Central	323	281	42	539	450	89
El Caribe	260	377	-117	308	509	-201
Países andinos	1369	1359	10	2,169	2,101	68
América Latina tropical	5007	4753	254	6,947	7,303	-356
Cono Sur	3199	2833	366	3,991	3,514	477
Toda América Latina	8206	7586	620	10,938	10,817	121

FUENTE: Estimaciones de la FAO y del CIAT.

desciendan dramáticamente, el mercado internacional creará un precio de sustentación; esto ocurrió en el pasado en Brasil, que de ser un importador neto pasó a convertirse en un gran exportador neto.

América Latina tropical continuará siendo un importador neto de leche y de productos lácteos, y registrará una reducción en los niveles de autosuficiencia (Cuadro S3.3). Se espera que los precios internacionales aumenten levemente, y que disminuya la ayuda alimentaria a la leche. En la mayoría de los países, los precios domésticos son actualmente superiores a los precios internacionales, gracias a los esfuerzos gubernamentales para mantener un cierto nivel de producción doméstica. El cambio tecnológico que ocurra en las pasturas podría contribuir a reducir los precios domésticos y a generar ingreso y empleo para los pequeños y medianos agricultores.

Las principales implicaciones del análisis anterior para el diseño de tecnología son las siguientes:

- \* Dada la tendencia al aumento del consumo de productos de origen animal en la mayoría de los países de América Latina y en el mundo en desarrollo en general, y dada la magnitud de los recursos disponibles (tierra y ganado), los beneficios del cambio tecnológico que ocurra en la producción animal y en las pasturas serán sustanciales.
- \* Los mayores costos de capital que se pueden esperar en la próxima década aumentarán la presión por mejorar el retorno a la inversión en el sector. Esto implica que, en los sistemas extensivos predominantes, serán más importantes los esfuerzos para aumentar la producción por animal que la capacidad de carga.

Cuadro S3.3. La leche en América Latina: situación en 1984-1986 y proyección del balance de producción y consumo (en miles de toneladas) para el año 2000.

Región o país	1984-1986			2000		
	Producción	Consumo	Diferencia	Producción	Consumo	Diferencia
Brasil	12,248	12,996	-748	16,728	19,496	-2768
México	7,508	8,885	-1377	12,043	13,779	-1736
América Central	1,481	1,803	-322	1,736	2,619	-883
El Caribe	1,709	2,469	-760	2,295	3,253	-958
Países andinos	6,582	7,586	-1004	8,752	11,353	-2601
América Latina tropical	29,528	33,739	-4211	41,554	50,500	-8946
Cono Sur	7,643	7,696	-53	9,604	9,586	18
Toda América Latina	37,171	41,435	-4264	51,158	60,086	-8928

FUENTE: Estimaciones de la FAO y del CIAT.

- \* El mayor costo de oportunidad del capital y la limitación de los recursos públicos para la investigación implican que ésta tendrá que orientarse más hacia el mercado, destacando los beneficios obtenibles a corto plazo. Esto puede implicar un mayor énfasis en el mejoramiento de sistemas de pasturas en localidades más cercanas a los mercados, donde la sostenibilidad se puede atender más directamente que en las regiones apartadas. La falta de financiación de obras de infraestructura limitará el retorno de dichas inversiones. La selección de germoplasma deberá continuar haciéndose en condiciones difíciles. La investigación en el manejo de pasturas deberá responder a las demandas del mercado.
- \* Si todo lo demás sigue igual, la reducción de los subsidios para el desarrollo de las zonas marginales aumentará la importancia de la integración cultivo-pasturas. La devaluación de las monedas domésticas también promoverá la producción doméstica de granos. La acción de ambas fuerzas en la misma dirección tendrá implicaciones para el desarrollo de germoplasma forrajero apropiado y, en particular, de técnicas de establecimiento de pasturas. Esta interacción aumentará la complejidad de los aspectos involucrados y requerirá un enfoque más holístico del manejo de los recursos.
- \* El aumento adicional esperado en el consumo de carne de ave reducirá hasta cierto punto la demanda potencial de carne, y la presión sobre los gobiernos para

que controlen los precios de la carne a los consumidores urbanos. Además, compensará los ciclos de los precios, y permitirá hacer un uso global más eficiente de los recursos domésticos.

- \* Si la investigación se concentra cada vez más en las regiones con operaciones de tamaño pequeño y mediano, la investigación en pasturas afectará más directamente la producción de leche, y comenzará a modificar positivamente los ingresos de los pequeños y medianos productores. Gran parte de esta tecnología también será aplicable a operaciones de producción de carne. Los beneficios tecnológicos que reciba la carne aumentarán directamente el ingreso de los productores, ya que los mercados de exportación crearán un precio de sustentación para el producto. Por lo tanto, los productores deben contar con recursos para financiar, por lo menos en parte, la investigación adaptativa requerida.

**Yuca.** Durante la década de los 70 y a principios de los 80, la producción total de yuca disminuyó por causa, principalmente, del descenso de la producción en Brasil --de 26 a 23 millones de toneladas-- durante el lapso 1976-1986 (Cuadro S3.4).

La yuca es un cultivo de finca pequeña, que crece en zonas marginales donde la fertilidad y la humedad del suelo limitan la siembra de otros cultivos; a pesar de esto, los productores de yuca suelen vender una gran parte de su producción.

El consumo urbano de yuca fresca es inferior al de las áreas rurales, ya que el aumento de la urbanización ha reducido el consumo per cápita de yuca fresca. Sin embargo, gracias al desarrollo de nueva tecnología, la yuca fresca es actualmente mucho más atractiva como alimento práctico; estudios piloto indican que ha habido un crecimiento de la demanda.

La yuca también se está utilizando, y cada vez más, en la preparación de alimentos para animales y en la cría de langostinos. En el sur de Brasil y en Paraguay, se suministran cantidades considerables de yuca a los animales de las fincas, mientras que en Colombia, Ecuador y Panamá, la yuca se seca y procesa para la industria de concentrados. El aumento rápido de la demanda de alimentos para animales, junto con el déficit de cereales en las regiones tropicales de América Latina, señalan una gran demanda de yuca seca en este mercado, siempre y cuando los precios de la yuca sean competitivos con los de los cereales.

Una serie de estudios realizados en América Latina a mediados de los 80 muestra claramente que, si no hay distorsiones de precios, el precio de la yuca compite muy bien con el de los cereales en América Latina tropical.

Detrás de las perspectivas futuras de la yuca están los hechos siguientes: a) los gobiernos no retornarán al uso de subsidios fuertes para productos competitivos, a tipos de cambio sobrevalorados, ni a la importación masiva de granos; b) la industria de alimentos para animales y la de concentrado para la cría de langostinos continuará

Cuadro S3.4. Producción de yuca: importancia relativa en América Latina y producción per cápita durante 1966-1988.

País	Producción (1000 t)			Porcentaje del total para 1986-1988	Producción per cápita en 1986-1988 (kg)
	1966-1968	1976-1978	1986-1988		
Brasil	27,061	25,611	23,570	77.16	167
México	0	58	1	0.00	0
Países andinos y Paraguay	3,573	4,890	5,957	19.50	67
América Central	92	108	162	0.53	6
Región del Caribe	566	739	698	2.29	25
América del Sur templada	272	197	159	0.52	3
Toda América Latina	31,564	31,603	30,547	100.00	74

creciendo rápidamente; y c) los organismos del gobierno seguirán dirigiendo sus esfuerzos a ayudar a la población rural de escasos recursos.

Los principales mercados para la yuca son 'la yuca fresca conservada', los alimentos concentrados para animales, y las harinas refinadas. Se espera que la nueva tecnología de conservación de la yuca aumente sustancialmente la demanda de yuca fresca conservada. El incentivo para que los agricultores aumenten la producción de yuca y sus ingresos debe ser un precio de sustentación o un precio mínimo estable para su producto. La industria de alimentos para animales garantiza eficazmente ese precio de sustentación, siempre y cuando los agricultores puedan secar el producto.

El habitante de las zonas tropicales urbanas consume actualmente una gran cantidad de harinas. Aunque la harina tradicional de América Latina es el maíz, excepto en Brasil donde se consume la de yuca, la harina de trigo es, en este momento, un ingrediente básico e importante de la dieta latinoamericana. Como las divisas son escasas, los países buscan alternativas para sustituir las importaciones de trigo. Pues bien, la yuca puede ser, debidamente procesada, una alternativa efectiva para esa sustitución, ya que su harina se utiliza en la preparación de muchos alimentos además del pan; por ello se prevé una demanda considerable de yuca para este mercado. Si se

cuenta con una investigación adecuada y con fondos de desarrollo y apoyo político, se puede especular que la producción de harina estimularía un crecimiento notable de la yuca en las próximas décadas.

Otro uso importante de la yuca es el almidón, aunque es difícil pronosticar el futuro del cultivo en este mercado; en efecto, la industria del almidón está monopolizada por un número limitado de empresas multinacionales. Hay también diversas razones para creer que la inversión en la investigación sobre yuca aumentará en los próximos años. El establecimiento de otros mercados dinámicos para el cultivo ha renovado el interés de los agricultores, quienes están exigiendo nueva tecnología. Además, la tendencia de América Latina a mantener gobiernos democráticos hará que se preste mayor atención a los numerosos segmentos de pequeños agricultores y, por lo tanto, a los cultivos que éstos siembran, uno de los cuales es la yuca. La atención dada a este cultivo se fortalecerá gracias a que la tasa de retorno de la investigación hecha en él será posiblemente alta; la razón es que se ha hecho muy poca a nivel nacional, y por ello el progreso será ahora rápido.

La distribución de la tierra en América Latina es muy irregular. Los programas de reforma agraria emprendidos en el pasado han sido, en general, débiles o ineficaces. Si se hace una reforma agraria eficaz en las zonas marginales de América Latina, es probable que la yuca desempeñe un papel significativo en el establecimiento de una base productiva.

**Arroz.** El arroz es un alimento básico relativamente nuevo en la dieta latinoamericana. En el lapso 1920-1950 se registró un aumento significativo en el consumo per cápita de arroz, que pasó de 14.2 a 30.3 kg (arroz equivalente en cáscara); este hecho coincidió con la expansión rápida de las tierras marginales, donde el arroz siempre ha desempeñado un papel fundamental como cultivo inicial de los colonos. En 1966-1986, gracias a la liberación de las modernas variedades de arroz de porte semienano, el consumo per cápita continuó aumentando --de 36.8 a 45.4 kg-- mientras descendían rápidamente los precios reales al detal. La demanda de arroz responde bien a los cambios en el ingreso y en su propio precio.

Aunque gran parte del área sembrada con arroz en América Latina corresponde a arroz de secano (68%), la mayor parte de la producción proviene del arroz cultivado bajo riego (62%). En Brasil, que es el principal productor --55% de la producción y 71% del área sembrada en América Latina-- el arroz de secano representa aproximadamente 80% del área total de arroz que está en producción. La mayoría de los productores de arroz de la región son pequeños propietarios (de menos de 20 ha), pero la mayor parte de la producción proviene de las fincas grandes. En general, el arroz es un cultivo comercial. Los agricultores responden muy bien a las tecnologías modernas que aumentan la producción, particularmente aquéllos que tienen acceso al riego, ya sea total o suplementario.

El arroz constituye un producto básico importante, porque representa más de un cuarto de la ingesta calórica de países como Brasil, Panamá y Cuba. Su importancia es mayor entre los consumidores de los estratos de bajos ingresos, para los cuales es un 'bien salario'.

La producción del cultivo se proyectó empleando la tendencia corregida para el período 1966-1986, e imponiendo un límite superior a 5% por año. Para evitar que se hicieran proyecciones exageradas de la productividad, se impuso un tope de rendimiento de 6 t/ha. El área involucrada se calculó partiendo de la proyección de la producción y de los rendimientos. Para las tendencias se estableció un nivel de significación estadística de 10%. Si la condición no se cumplía, se aplicaba una tasa de crecimiento igual a cero.

Para América Latina en su totalidad, el déficit real observado en el lapso 1984-1986 fue de 1.2 millones de toneladas, y seguirá constante al proyectarlo hacia el año 2000; esto implica un aumento en la autosuficiencia de 93% a 95% (Cuadro S3.5). Cuando se examinan a nivel regional, estas cifras muestran fuertes contrastes.

Los países de América Latina tropical verán aumentar su déficit actual de arroz de 1.6 a 2.4 millones de toneladas, mientras que los del Cono Sur aumentarán sus excedentes de 0.4 a 1.4 millones de toneladas. Entre las muchas implicaciones de esta proyección está la posibilidad de que aumente el comercio regional desde la subregión templada hacia la tropical. Como se indicó anteriormente, las discrepancias entre las cifras proyectadas para la producción y el consumo pueden implicar un aumento del comercio o cambios en el precio del producto básico, o ambas cosas, lo cual afecta a su vez la oferta y la demanda.

Una mirada más detallada a estas cifras indica que, para el año 2000, Brasil, el principal productor de arroz de la región, experimentará una reducción de 55% a 53% en la importancia relativa de su producción. Su déficit proyectado aumentará de 0.8 millones de toneladas en 1984-1986 a 1.4 millones de toneladas en el año 2000. Sin embargo, dado el gran potencial de los suelos de 'várzeas' (tierras bajas ribereñas), se cree que la producción proyectada en este documento se ha subestimado. En México, a pesar de los bajos niveles de consumo per cápita, las proyecciones muestran un incremento importante en el déficit hacia el año 2000, es decir, de 0.2 a 0.4 millones de toneladas.

Las condiciones de riego y de secano favorecido se presentan principalmente en los países andinos. Tanto el área como los rendimientos aumentaron aquí de manera impresionante en las dos décadas pasadas, particularmente a principios del período 1966-1976. Las prácticas de manejo del cultivo constituyen una limitación importante en una región donde las nuevas variedades han expresado lo más importante de su potencial genético. Es posible que se hayan sobreestimado los déficit para Colombia y Venezuela, ya que se supuso una tasa de crecimiento de la producción igual a cero porque ésta se estancó a consecuencia de un manejo inadecuado del cultivo y de

Cuadro S3.5. Arroz de riego en América Latina: situación en 1984-1986 y proyección del balance de producción y consumo (en miles de toneladas) para el año 2000.

Región o país	1984-1986			2000		
	Producción	Consumo	Diferencia	Producción	Consumo	Diferencia
Brasil	9,482	10,325	-843	13,094	14,478	-1384
México	605	794	-189	780	1,172	-392
América Central	682	700	-18	965	1,015	-59
El Caribe	1,749	2,040	-291	2,906	2,686	220
Países andinos	3,718	3,992	-274	4,950	5,897	-947
América Latina tropical	16,236	17,851	-1615	22,695	25,257	-2562
Cono Sur	975	529	446	2,047	664	1383
Toda América Latina	17,211	18,380	-1169	24,742	25,921	-1179

factores políticos. En contraposición, el excedente proyectado para Ecuador será mayor, dado que los proyectos de riego, actualmente en curso, incorporarán 80,000 hectáreas más a la producción de arroz.

En América Central, la siembra de arroz de secano en condiciones favorables constituye la norma. Los menores rendimientos se registran en Panamá, el mayor productor de la región, donde el arroz como cultivo de subsistencia se encuentra en 60% del total de agricultores. Los déficit proyectados son pequeños y podrían superarse fácilmente con la liberación inmediata de nuevas variedades, con una investigación mejor enfocada, y con el trabajo de extensión.

En el Caribe, Cuba y República Dominicana presentaron tasas sobresalientes de crecimiento de la producción durante las dos últimas décadas, por lo que se espera que sus déficit disminuyan. Los exportadores tradicionales, Guyana y Surinam, enfrentan actualmente problemas institucionales, y tendrán dificultades para ampliar sus mercados.

Aunque los niveles de consumo per cápita de arroz en los países del Cono Sur son modestos (el trigo es el carbohidrato predominante), la producción muestra un crecimiento vigoroso. Los excedentes se han sobreestimado, particularmente en Uruguay, donde el área involucrada ha aumentado cuatro veces; esta cifra es difícil de creer, dada la cantidad adicional de agua que implica ese crecimiento.

En el arroz, los niveles altos de autosuficiencia son sinónimo de estabilidad. Sólo 4% de la producción mundial de arroz se comercializa internacionalmente (en comparación con 16% en el caso del maíz y 22% en el del trigo). Los precios internacionales del arroz descendieron de US\$400 por tonelada en 1981 (2.2 veces el precio del trigo) a US\$215 por tonelada en 1985 (1.1 veces el precio del trigo), y subieron de nuevo a US\$380 por tonelada en 1987 (3.0 veces el precio del trigo). En consecuencia, dada la importancia del arroz en la dieta de la población urbana de escasos recursos, el logro de tasas altas de autosuficiencia se ha convertido en una meta política de los países de la región.

Tanto la creciente actividad de la agricultura comercial --con su continua presión sobre el pequeño agricultor para que se integre a la economía-- como la permanente incorporación de los pequeños y medianos agricultores a la nueva producción de arroz implican que la investigación sobre el manejo del cultivo debe incluir maquinaria adecuada. Esta investigación debe considerar que el arroz no sólo es cultivado por los grandes productores, quienes recibieron la mayor parte de la atención en el pasado, sino también por los pequeños y medianos agricultores.

La demanda de materia prima de origen agrícola para su transformación en la agroindustria también cuestiona la rigidez de las normas de mejoramiento en relación con la aceptabilidad del arroz y con las preferencias de los consumidores. La aceptabilidad se refiere a las percepciones de los consumidores en un momento dado y es, por lo tanto, susceptible de cambio.

El mejoramiento de la tecnología de cosecha y de poscosecha, y de las prácticas de cultivo del arroz, es un campo cuyo impacto potencial es grande; reducir el desperdicio es un objetivo importante para aumentar la disponibilidad de alimentos sin intensificar la presión sobre los recursos naturales.

Excepto en condiciones de secano no favorecido --como los Cerrados brasileños y la mayor parte de las pequeñas fincas tradicionales-- se ha demostrado que es posible intercambiar tecnología del arroz entre las condiciones de riego y las de secano. Nuestro nuevo germoplasma para condiciones de secano no favorecido ya se está evaluando respecto a su adaptabilidad al ambiente y a diversos sistemas de cultivo.

El Programa de Arroz cree que existe un gran potencial para mejorar el rendimiento mediante el uso de germoplasma nuevo y más diversificado para condiciones de riego y de secano, y mediante la adopción y el perfeccionamiento de prácticas integradas de manejo del cultivo. Sólo así el arroz conservará su lugar como el carbohidrato más importante de la actual dieta latinoamericana.

**Sorgo.** América Latina produce cerca de 11.5 millones de toneladas de sorgo. La mayor parte del sorgo se cultiva en fincas de producción mediana y grande, excepto en América Central y el Caribe donde se cultiva en fincas pequeñas. La producción de sorgo se distribuye ampliamente en el continente, desde México hasta Argentina. En

toda América Latina, la producción de sorgo no ha aumentado durante la última década. La cifra global, sin embargo, oculta una redistribución rápida de la producción. A mediados de los 70, Argentina produjo más de 6 millones de toneladas de sorgo, pero en 1988 su producción descendió a 3.5 millones de toneladas. En contraste, México, que produjo 4 millones de toneladas a mediados de los 70, produjo más de 5.5 millones de toneladas en 1988. En la región andina, la producción se duplicó prácticamente durante el mismo período, aumentando de 0.77 millones a 1.48 millones de toneladas.

El nivel promedio de rendimiento de sorgo es de aproximadamente 2700 kg/ha, y ha aumentado a una tasa de 0.4% por año. En Argentina y México, el rendimiento promedio es de alrededor de 3.2 toneladas por hectárea, y en América Central y el Caribe varía de 1 a 1.5 toneladas por hectárea. En la región andina, que muestra el mejor crecimiento del rendimiento --1.6% por año-- los rendimientos son inferiores a 2.3 toneladas por hectárea. En Brasil, donde el sorgo carece de importancia, los rendimientos han descendido en 2.4% por año.

El sorgo se cultiva principalmente para forraje, aunque en América Central y el Caribe también se usa para consumo humano. Se adapta bien a los suelos pobres y se puede utilizar convenientemente en la rotación de cultivos. Su capacidad para producir rendimientos aceptables en suelos de mala calidad lo hace atractivo como fuente económica de calorías para la alimentación animal. El sorgo también reduce la demanda de maíz como alimento para animales, facilitando así la disponibilidad de éste para consumo humano.

Entre los períodos 1976-1978 y 1986-1988, las importaciones de sorgo en América Latina tropical aumentaron de 1.1 a 2.1 millones de toneladas. El uso del sorgo en esta misma región aumentó de 6.9 a 10.1 millones de toneladas, lo que equivale a un aumento anual de 3.9%. El índice de autosuficiencia descendió de 84% a 79%. Durante la década de los 80, el crecimiento económico de la mayoría de los países de América Latina fue negativo; por ello, el mayor uso del sorgo se debió principalmente a que aumentó la participación de la carne de ave en el mercado, a expensas de las carnes rojas. Si se acelera el crecimiento económico en la década de los 90, aumentará probablemente la demanda de sorgo a una tasa muy superior al 3.9% de los 80.

La adaptación del sorgo a los suelos ácidos aumentará el potencial de producción, el cual, a su vez, facilitará un aumento rápido de la oferta doméstica. Como los costos de oportunidad de la tierra son bajos en estos suelos ácidos, es posible que el sorgo se produzca a menor costo en ellos que en mejores tierras. Esta reducción de costos de producción se necesita urgentemente, para que éstos estén de acuerdo con los precios mundiales del sorgo en el mercado.

Por tanto, la investigación sobre sorgo debe concentrarse en desarrollar sistemas de producción sostenibles y de bajos insumos para las regiones tropicales de suelos ácidos. Un primer paso hacia el cumplimiento de este objetivo es el desarrollo de líneas tolerantes a los suelos ácidos, y que requieran pocos insumos. La investigación futura debe incluir al sorgo en los sistemas de rotación con pasturas, con leguminosas, y con otros cereales. La investigación sobre la utilización del cultivo debe reducir las enfermedades causadas por hongos en la panícula del sorgo, porque éstas disminuyen el peso del grano cosechable y generan problemas de salud en los consumidores humanos y animales. Este tipo de investigación debe dirigirse también a aumentar el contenido de proteínas del grano.

El sector privado ha participado activamente en la investigación sobre sorgo en América Latina, concentrándose en la producción de híbridos. Sin embargo, estos híbridos se basan a menudo en materiales progenitores que tienen éxito en la zona templada, pero que no son necesariamente los más adecuados para regiones tropicales de suelos ácidos. En consecuencia, la investigación internacional sobre sorgo debe trabajar en estrecha colaboración con los programas nacionales y con el sector privado, para mejorar la calidad de los materiales híbridos y para garantizar una difusión rápida y efectiva de los resultados que obtenga.

**Soya.** América Latina produce cerca de 26 millones de toneladas de soya al año, principalmente en fincas mecanizadas de tamaño mediano y grande --como monocultivo-- y en sistemas agrícolas subtropicales --donde se rota con cereales. La expansión del área fue notable durante la última década (14.4% por año), y en el mismo período el rendimiento aumentó anualmente en 2.0% y alcanzó 1.8 toneladas por hectárea, cifra que se acerca al promedio mundial de 1.9 toneladas por hectárea.

Cerca de 4.0 millones de toneladas se cosechan en las sabanas tropicales de América del Sur, principalmente en los Cerrados brasileños, y en zonas pequeñas de Bolivia, Venezuela y Colombia.

Puesto que el estrés que causarían al cultivo estos suelos ácidos y saturados de aluminio puede ser significativo, actualmente se requieren grandes cantidades de cal y de fertilizante para compensar la poca adaptación de la soya a tales suelos. El fotoperíodo (duración del día) es también una limitación en las zonas tropicales; en efecto, el germoplasma actual no se adapta bien, y florece demasiado pronto para dar un rendimiento alto. Otras limitaciones son los insectos y las enfermedades virales, la germinación deficiente de las semillas, el clima (lluvia y temperaturas altas en el momento de la siembra), el uso de semilla de mala calidad, y la falta de instalaciones de almacenamiento adecuadas.

En las sabanas de suelos ácidos, las rotaciones en los sistemas basados en cultivos y en cultivos con pasturas deben incluir --es lo ideal-- alguna leguminosa con un mercado fuerte, como la soya; ésta es también apropiada para sistemas de cultivo con riego que requieran rotaciones.

Se espera que la demanda derivada por fuentes de proteína (harina para raciones de animales, concentrados y compuestos purificados) continúe fuerte y aumente, tanto localmente como en otras regiones. La demanda de aceites vegetales no saturados también está aumentando rápidamente. La mayoría de los países tropicales de América Latina es deficiente en la producción de tortas y aceites vegetales, por lo cual la soya resulta atractiva para los subsectores de producción animal y de aceites vegetales. Puesto que la soya tiene gran demanda, hay buenas posibilidades para la investigación del germoplasma que se adapte mejor a las condiciones del trópico.

## **Africa**

**Economía.** La economía de Africa subsahariana ha sido sistemáticamente débil durante varias décadas. En los 80, el ingreso per cápita descendió aproximadamente tres cuartas partes en relación con el nivel alcanzado a finales de los 70. Este comportamiento deficiente fue el resultado de crisis en la economía externa, de un mal manejo de la economía doméstica, y de un crecimiento demográfico inusualmente alto. Recientemente, muchos países africanos adoptaron programas de ajuste estructural muy necesarios y están realizando esfuerzos notables. Se están haciendo ajustes positivos en los tipos de cambio de moneda extranjera, en los déficit fiscales, en las políticas de precios de los productos básicos y de las exportaciones, en las reglamentaciones del comercio, y en el manejo económico del gobierno.

El sector agrícola es de vital importancia para Africa. En 1985, 75% de la población derivó su sustento de la producción agrícola. En ese año, el ingreso per cápita promedio del sector se estimó en US\$242, cifra que representó sólo 44% de la correspondiente al sector no agrícola. En general, aunque ha habido un crecimiento modesto en el sector agrícola africano, la alta tasa de crecimiento demográfico de 3.3% en los años 80 redujeron los niveles la producción per cápita.

La clave del desarrollo económico de Africa subsahariana es el sector agrícola, ya que es el único en el cual se pueden crear fácilmente oportunidades de empleo en el futuro. Además, ofrece la mejor oportunidad para generar divisas a partir de productos comercializables. Finalmente, puede atender las necesidades de seguridad alimentaria de las naciones. A diferencia de la situación de otras regiones en desarrollo, en Africa subsahariana el aumento en la producción de bienes agrícolas no comercializables no depende del mercado. Como el crecimiento de los niveles de ingreso es insuficiente para estimular un aumento de la demanda de productos básicos, el reto es desarrollar tecnología agrícola que se pueda adoptar en un ambiente económico como el de esa región. Los retornos económicos a la producción son bajos y los riesgos para la inversión de capital son altos; por consiguiente, sólo las tecnologías de bajo costo y mínimo riesgo pasarán la prueba de la aceptabilidad.

**Frijol.** El frijol es la principal fuente de proteína alimenticia para más de 70 millones de personas que viven en Africa subsahariana. Los niveles de consumo anual per cápita

alcanzan los 50 kg en países como Burundi y Ruanda. El frijol es un cultivo básico producido por pequeños agricultores, principalmente para subsistencia, pero cuyos excedentes se comercializan ocasionalmente. La producción se concentra en las zonas más productivas y altamente pobladas de África oriental, en la región de los Grandes Lagos, y en zonas montañosas muy dispersas del sur de África.

La producción de frijol en África está sujeta a limitaciones ecológicas severas. En primer lugar, se cultiva a menudo en suelos de ladera, muy susceptibles a la erosión. En segundo lugar, como la disponibilidad de fertilizantes para el cultivo es extremadamente limitada, la falta de uso de éstos puede contribuir al agotamiento del suelo y a un desplazamiento del frijol por cultivos menos exigentes como la batata o la yuca. En tercer lugar, el complejo de enfermedades e insectos dañinos de África es diferente al de América Latina; la mosca del frijol, por ejemplo, es una plaga importante en África que no se encuentra en América Latina.

Aunque el frijol no es un cultivo originario de este continente, se ha integrado a sus sistemas agrícolas por medios muy creativos. En muchas partes del continente, la asociación frijol-banano es importante, mientras que en otras, como en Ruanda, se cultiva en mezclas varietales que reducen los riesgos de la producción y mejoran la resistencia del cultivo a las enfermedades.

Durante las dos últimas décadas, la producción de frijol aumentó a una tasa anual de 3%, levemente menor que la tasa de crecimiento demográfico de la región, que fue de 3.3%. En la década de los 80, la tasa anual de crecimiento de la producción descendió a 1.6%, mientras que en la década anterior había sido de 4.4%. La región de los Grandes Lagos registró el crecimiento más lento de la producción durante la última década (0.4%), mientras que las regiones oriental y del sur aumentaron su producción a tasas de 2.9% y 2.6%, respectivamente. Estos aumentos se lograron expandiendo el área cultivada, aunque los rendimientos permanecieron relativamente iguales. Sin embargo, el aumento actual de la producción de frijol, que proviene de la expansión del área sembrada, está disminuyendo, y éste es un mal indicio para el crecimiento futuro de esa producción.

La proyección de las tendencias actuales de la producción y el consumo del frijol sugiere que habrá un déficit significativo en la producción para el año 2000 (Cuadro S3.6). Si continúan las tendencias de los últimos diez años, se proyecta un déficit de 760,000 toneladas, que equivale a 18% del consumo esperado en el año 2000. La mayor parte de este déficit se registrará en las zonas montañosas orientales y en la región de los Grandes Lagos.

La escasez de tierra es una limitación económica importante al aumento de la producción en los países densamente poblados de Burundi y Ruanda, y en ciertas áreas de Kenia y Tanzania; en respuesta a esto, los agricultores han adoptado técnicas de uso intensivo de la tierra que aumentan la producción global de alimentos. En ciertas zonas de Uganda, Tanzania, Etiopía, Zambia, y en la Provincia de Kivu en Zaire, la

Cuadro S3.6. El frijol en Africa: situación en 1984-1986 y proyección del balance de producción y consumo (en miles de toneladas) para el año 2000.

Región o país	1984-1986			2000		
	Producción	Consumo	Diferencia	Producción	Consumo	Diferencia
Africa Oriental	1090	n.d. <sup>a</sup>	n.d.	1509	1926	-417
Región de los Grandes Lagos	593	593	0	746	968	-222
Africa del Sur	497	478	19	817	840	-23
Otros	182	173	9	210	312	-102
Total	2362	n.d.	n.d.	3282	4046	-764

a. n.d. = no disponible.

FUENTE: Estimaciones de la FAO y del CIAT.

escasez de mano de obra es una limitación económica al aumento de la producción de frijol mayor que la escasez de tierra.

Los déficit estimados reflejan correctamente la escasez de tierra en la región de los Grandes Lagos y en partes de Africa oriental, que necesitan urgentemente la llegada del progreso tecnológico. Este progreso debe ser de naturaleza drástica, como en el caso de ciertas áreas de Ruanda, donde el frijol arbustivo está en vías de sustitución por el frijol voluble, que es más productivo. Otra respuesta efectiva a los déficit proyectados es la adaptación del cultivo de frijol a zonas productoras no tradicionales, por ejemplo, los suelos ácidos.

El potencial de producción del frijol para mantenerse a la par con el aumento de la demanda es mayor en el sur de Africa. En esta región, las posibilidades de introducir el cultivo en zonas no tradicionales son menos restringidas que en las otras dos regiones. Esto se puede ilustrar con la aceptación de Carioca, una variedad brasileña, en la Provincia Central de Zambia, donde anteriormente sólo se producía caupí.

En las regiones continentales de Africa hay evidencia de que cultivos con alto contenido de calorías --como maíz, sorgo, raíces y tubérculos, banano-- están reemplazando cada vez más al frijol tanto en los sistemas de asociación de cultivos como en la competencia directa. Para que el frijol siga siendo económicamente competitivo, es necesario desarrollar tecnologías que reduzcan la variabilidad de la

producción o que aumenten los rendimientos --o que logren ambas cosas. En los sistemas de cultivo múltiple, el frijol tiene con frecuencia importancia secundaria, razón por la cual hay que desarrollar tecnologías de producción que complementen los sistemas de producción existentes en estas áreas. Las áreas en donde el monocultivo es la norma, necesitan tecnologías de producción que ayuden al frijol a competir eficazmente con otros cultivos. Los ambientes agroecológicos frágiles en los cuales se produce el frijol son muy susceptibles a la erosión, y sus suelos sufren a menudo la pérdida de la fertilidad; estos fenómenos requieren especial consideración de la investigación agrícola.

**Yuca.** La yuca es un cultivo alimenticio muy importante en Africa subsahariana, que proporciona diariamente más de 200 calorías per cápita a más de 160 millones de personas. Aún en las regiones en que la yuca no es un alimento básico importante, a menudo desempeña un papel destacado en la seguridad alimentaria de los hogares por su resistencia a la sequía y a las plagas. El papel de la yuca en la dieta africana reviste especial importancia, ya que esta región del mundo registra el más rápido descenso en la producción per cápita de alimentos. Un aspecto que debe considerarse a corto plazo es la función de la yuca en la reversión de esta tendencia, y otro a largo plazo es la contribución de la yuca al desarrollo general de la agricultura africana.

Zaire y Nigeria son los principales productores de yuca de Africa (Cuadro S3.7) y generan 28% y 24% de la producción, respectivamente. Los cuatro países productores que siguen a esos dos en orden de importancia, y que se ubican al sur y al este de Africa, son Tanzania, Mozambique, Madagascar y Angola. En general, la región costera occidental de Africa (incluyendo Nigeria) y la región de Africa Central (incluyendo Zaire) generan cada una un tercio de la producción; las regiones oriental y del sur producen 30% del total, y 5% de éste las regiones semiáridas de Africa occidental. Durante los 70 y los 80, la producción de yuca aumentó a una tasa anual de 2.6% y 2.7%, respectivamente, es decir, más lentamente que el crecimiento demográfico.

Se espera que los factores que estimularon el aumento de la producción de yuca en el pasado continúen afectando las tendencias de producción en el futuro. Entre estos factores se cuentan el bajo requerimiento del insumo mano de obra en el manejo del cultivo, y la capacidad de la yuca para producir en suelos degradados y en condiciones de sequía. Aun en ausencia de un cambio tecnológico, es probable que la producción de yuca continúe creciendo, si es que se extiende su cultivo a nuevas zonas en que haya riesgo de sequía y baja fertilidad en el suelo.

En muchas partes de Africa la yuca es cultivada predominantemente por mujeres, mientras que los hombres siembran cultivos comerciales y ñame, como ocurre en Africa occidental. El rendimiento promedio es de 6.8 toneladas por hectárea, cifra que es posible aumentar introduciendo variedades resistentes a enfermedades y tolerantes a la sequía, así como agentes biológicos que controlen el piojo harinoso y el ácaro verde.

Cuadro S3.7. Producción de yuca: importancia relativa en Africa y producción per cápita durante 1966-1988.

País	Producción (1000 t)			Porcentaje del total para 1986-1988	Producción per cápita durante 1986-1988 (kg)
	1966-1968	1976-1978	1986-1988		
Angola	1,523	1,733	1,973	3.43	214
Burundi	907	465	576	1.00	115
Camerún	740	747	677	1.18	65
República de Africa Central	626	897	500	0.87	185
Chad	125	169	307	0.53	58
Congo	468	565	695	1.21	379
Benin	475	656	672	1.17	156
Guinea Ecuatorial	41	50	56	0.10	136
Gabon	165	232	260	0.45	246
Ghana	1,525	1,842	3,040	5.29	221
Guinea	443	622	510	0.89	80
Costa de Marfil	522	1,008	1,292	2.25	116
Kenia	480	612	533	0.93	24
Liberia	257	285	329	0.57	142
Madagascar	1,068	1,465	2,266	3.94	208
Malawi	140	273	163	0.28	21
Mali	32	50	73	0.13	9
Mozambique	2,225	2,800	3,340	5.81	231
Níger	172	194	197	0.34	30
Nigeria	8,588	10,633	14,233	24.77	140
Ruanda	220	411	381	0.66	58
Senegal	238	75	47	0.08	7
Sierra Leona	76	88	115	0.20	30
Somalia	21	30	42	0.07	6
Sudán	167	99	75	0.13	3
Tanzania	3,467	5,145	5,742	10.00	234
Togo	492	386	392	0.68	124
Uganda	994	2,620	2,397	4.17	144
Zaire	9,667	11,942	16,251	28.29	497
Zambia	148	172	230	0.40	30
Zimbabwe	44	51	86	0.15	10
Africa	36,056	46,320	57,452	100.00	123

La yuca se utiliza generalmente como alimento para consumo humano. Menos de 2% se utiliza como forraje y sólo pocas cantidades para fabricar almidón. Como alimento para consumo humano se prepara en diversas formas, y sus raíces y hojas se consumen como verdura cocida en gran parte del continente. La forma más común de consumo en Africa occidental es el "gari," una harina tostada y seca preparada a partir de yuca rallada y fermentada. En Africa oriental, la yuca se convierte comúnmente en harina obtenida de raíces secas o trozos de éstas.

La investigación sobre yuca debe abordar tres temas importantes. 1) Hacer el gran esfuerzo que se necesita para mejorar el papel de la yuca como cultivo de subsistencia, y para aliviar la escasez de alimentos. Dicha investigación se debe dirigir a los ambientes de baja fertilidad y de bajo nivel de insumos, y se aplicará en regiones con problemas frecuentes de seguridad alimentaria. 2) En aquellas regiones que no enfrentan problemas de escasez alimentaria, orientar esa investigación más hacia objetivos de desarrollo, es decir, hacia el aprovechamiento del potencial que tiene el cultivo para generar ingreso y empleo. El desarrollo de excedentes comercializables es fundamental para el éxito de esta estrategia, y debe ser apoyado por el siguiente objetivo (el tercero) de la investigación sobre yuca. 3) Generar un 'valor agregado' significativo para estos excedentes comercializables, y mejorar los métodos de procesamiento y de almacenamiento de raíces frescas, con el fin de atender la creciente demanda del sector urbano. Estos aspectos conducen a interrogantes sobre el tipo de producto, los parámetros de la demanda para diferentes productos, las intervenciones necesarias en la tecnología de procesamiento y en los canales de mercadeo, y el efecto de la política de precios en los sustitutos de la yuca. La yuca tiene potencial como fuente de ingresos en las fincas de las zonas productoras actuales, siempre y cuando se puedan abrir canales de mercadeo para las áreas urbanas en expansión; sirve además como estabilizador de los sistemas de explotación agrícola en las zonas marginales que registran déficit alimentarios.

## Asia

**Economía.** Asia, la región en desarrollo más grande y más densamente poblada del mundo, es muy heterogénea en cuanto a su dotación de recursos, a sus sistemas sociales y políticos, y a su comportamiento económico. Este análisis no pretende cubrir esta amplia gama de situaciones, sino que destaca los países de especial relevancia para la investigación que sobre yuca hace allí el CIAT.

Durante las dos últimas décadas, el sector agrícola ha crecido en Asia a una tasa relativamente alta, pero no equiparable a la de la economía total. La agricultura ha sido en general discriminada por la política que protege la industria doméstica. En algunos países, los subsidios a la agricultura han compensado los precios bajos que reciben los productores; no obstante, una mirada de conjunto indica que el comportamiento del sector ha sido peor que el que hubiera tenido sin la intervención del gobierno en los precios.

A partir de 1980, las economías asiáticas hicieron ajustes estructurales importantes que les permitirán enfrentar el futuro con un sector económico más flexible y equilibrado con el crecimiento rápido. La diversificación dependerá probablemente de la demanda, y estará mejor estimulada por programas que tengan mayor impacto en el aumento del ingreso rural. Por lo tanto, es posible que sean las fuerzas del mercado, y no las soluciones del gobierno, las que actúen como motores del desarrollo, aunque los gobiernos deberán estar en condiciones de apoyar los nuevos desarrollos. Además, el crecimiento de las economías asiáticas generado por la demanda se reflejará, probablemente, en los mercados regionales o domésticos y no en el comercio internacional. En las zonas marginales, la degradación ambiental se acelerará a menos que aumente el ingreso rural, puesto que la pobreza rural es una causa principal de la degradación ambiental de la región.

Las tendencias económicas en Asia se podrían resumir así: los años 60 fueron la década de la producción; los 70, la década de las nuevas direcciones y de la preocupación por la equidad; los 80, la década de las inquietudes sobre el sector privado y la política; y los 90 serán, probablemente, la década en que se mantendrá la excelencia técnica e institucional para apoyar el desarrollo económico sostenible.

**Yuca.** En los últimos 20 años, la producción de yuca en Asia aumentó a más del doble; pasó de aproximadamente 20 millones de toneladas a casi 47 millones, a una tasa de crecimiento anual de más de 5% (Cuadro S3.8). El mayor productor en Asia es Tailandia, que contribuyó con 38% (18 millones de toneladas) de la producción total en 1984-1986, y tiene una producción estimada en 23 millones de toneladas para 1988. Es bien conocida la industria de la yuca en Tailandia, basada en la exportación de gránulos comprimidos a la CEE y a otros mercados de los países desarrollados; esta industria ha aportado riqueza y estabilidad a grandes zonas del país.

La imposición de cuotas para las exportaciones de yuca por parte de la CEE (efectiva a partir de 1982), no detuvo, para sorpresa de los observadores, el aumento continuo de la producción de yuca. La explicación aparente de ese fenómeno es ésta: 1) los agricultores tailandeses responden asimétricamente al precio, es decir, una vez que comienzan a cultivar yuca no dejan de hacerlo aunque los precios descendan por debajo del punto de equilibrio inicial (el precio de venta no supera los costos directos) porque faltan alternativas viables; 2) los tailandeses han demostrado una notable aptitud para encontrar nuevos mercados: seis años atrás se predijo que la producción de yuca en Tailandia descendería cuando se impusieran las cuotas, pero la historia refleja lo contrario.

Excluyendo a Tailandia, la producción de yuca ha aumentado a una tasa de 2.7% anual durante los últimos 20 años, que es muy positiva. El aumento fue causado aparentemente por la diversificación, generada por la demanda, de los usos finales de la yuca. Por ello, en India la producción de yuca en las formas tradicionales descendió en Kerala, mientras que en Tamil Nadu aumentó la producción de almidón de

Cuadro S3.8. Producción de yuca: importancia relativa en Asia y producción per cápita durante 1966-1988.

País	Producción (1000 t)			Porcentaje del total para 1986-1988	Producción per cápita durante 1986-1988 (kg)
	1966-1968	1976-1978	1986-1988		
Borneo	2	2	1	0.00	4
Myanmar	12	22	95	0.20	2
China	1,535	2,506	3,440	7.29	3
India	3,976	6,234	4,557	9.66	6
Indonesia	11,112	12,527	14,278	30.26	83
Campuchea	27	108	111	0.23	14
Laos	11	44	88	0.19	23
Malaysia	243	357	388	0.82	24
Filipinas	499	1,549	1,764	3.74	30
Timor oriental	13	0	0	0.00	0
Singapur	3	1	0	0.00	0
Sri Lanka	366	630	444	0.94	27
Tailandia	2,188	12,809	19,039	40.35	357
Vietnam	994	2,661	2,973	6.30	47
Asia	20,982	39,449	47,178	100.00	20

0.7 millones de toneladas en el año 1973-1974 a 1.5 millones en 1984-1985. En forma similar, en Indonesia la yuca se ha desplazado cada vez más hacia el mercado del almidón, que a la vez proporciona la materia prima para la fabricación de numerosos productos alimenticios. En los próximos años se espera que la yuca continúe ingresando a nuevos mercados, y que el ingenio típico de los asiáticos siga encontrando nuevos usos para el cultivo como lo ha hecho en el pasado. Además, el mercado de alimentos para carne de ave en los países asiáticos está creciendo a un ritmo extremadamente rápido.

Ciertos países del sudeste asiático como Myanmar, Campuchea, Laos y Vietnam han quedado fuera de la corriente central del milagro económico del Pacífico. Las tasas de crecimiento anual de la yuca en estos países han sido muy altas durante las dos últimas décadas (13% para Myanmar, 10% para Campuchea, 12% para Laos y 8% para Vietnam), lo cual demuestra el papel fundamental que desempeña este cultivo en el mantenimiento de la oferta de alimentos en condiciones de crisis, y cuando las economías revierten hasta llegar casi a niveles de subsistencia. La yuca continuará desempeñando este papel, aunque lo novedoso será el influjo importante que ejercerá en economías de desarrollo rápido como las de Indonesia y China.

## Sección 4

# METODO SIG PARA IDENTIFICAR PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DE INVESTIGACION EN EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES

P. G. Jones, D. M. Robison y S. E. Carter\*

Durante los últimos ocho años, la Unidad de Estudios Agroecológicos (UEA) del CIAT ha hecho análisis agroecológicos para determinados cultivos en diferentes ambientes. El trabajo de campo en ecosistemas similares, con un patrón semejante de uso de la tierra aunque en diferentes países, condujo a la siguiente hipótesis: donde el clima, el suelo y el uso de la tierra son similares, los tipos de problemas en que es posible hacer investigación tienden también a ser similares. El método que se describe a continuación intenta investigar esta relación sistemáticamente, y evaluar los principales problemas referentes a la conservación de los recursos naturales en América Latina y el Caribe.

El enfoque adoptado por UEA consta de cuatro fases. En la fase 1 se levantaron mapas de toda América Latina y el Caribe y se dividieron en clases generales de ambientes. Luego, en la fase 2, partiendo de criterios predeterminados, se eligió un grupo reducido de clases de ambientes. La fase 3 consistió en la descripción sistemática del uso actual de la tierra en los ambientes seleccionados. En la fase 4 se evaluaron los principales conglomerados de sistemas agroecológicos --zonas con ambientes y patrones de uso de la tierra similares-- y sus respectivos problemas, en función de la relevancia para la investigación actual y futura del CIAT.

### Fase 1. Descripción de los ambientes continentales

Esta primera etapa, de vasto alcance, abarcó todas las zonas de América Latina en las cuales se puede esperar que el CIAT establezca un compromiso razonable para investigar el manejo de los recursos naturales. Esto nos obligó a hacer ciertas suposiciones y a elegir criterios para la clasificación de los ambientes. En primer lugar, la clasificación debía ser suficientemente simple, de manera que permitiera levantar mapas a partir de los datos disponibles. En segundo lugar, debía ser coherente con los datos de los cuales se extrajo. En tercer lugar, debía reflejar los requerimientos ambientales de los productos básicos reales o potenciales que fueran

---

\* Jefe, edafólogo, y geógrafo agrícola, respectivamente, de la Unidad de Estudios Agroecológicos del CIAT.

susceptibles de ser investigados por un centro de investigación en agricultura tropical. Finalmente, los criterios ambientales deberían reflejar la experiencia de los científicos que trabajaban en el centro.

Aunque UEA posee datos especializados para diferentes partes del continente latinoamericano, se optó por utilizar información más general y coherente para toda el área, en razón del mayor alcance de este estudio. Puesto que la base de datos sobre el clima que posee UEA es la más completa de América Latina, el primer paso fue clasificar los climas y descartar las clases logísticamente no factibles, reduciendo así el área total que se consideraba.

**Clasificación de los ambientes.** Para el análisis se emplearon archivos de datos registrados regularmente en rejillas o tramas (METGRID) de clima, suelos, y elevación. Estos archivos se interpolaron desde la base de datos climática desarrollada en UEA, la cual contiene información promedio mensual de más de 7500 estaciones de América Latina. Como base para la interpolación, se utilizaron la rejilla de 10 minutos de un modelo digital de terreno (NOAA, 1984) y el pixel (elemento de imagen) central de una versión 'rasterizada' (en cuadrícula) del Mapa de Suelos del Mundo que fue desarrollado por la FAO (UNEP/GEMS/GRID, 1988). A partir de estos archivos se construyó una aproximación cuadrática de la precipitación, la temperatura, el suelo, y la altitud del continente, a una resolución espacial de aproximadamente 18.5 km.

Los datos de clima se interpolaron mediante el inverso del cuadrado de la distancia ponderada hasta las cuatro estaciones más cercanas en la base de datos, distancia que se corrigió por altitud mediante un modelo estándar de la tasa de lapso (disminución de una variable atmosférica con el incremento de altura) de la atmósfera tropical, basado en datos de Riehl (1979). La distribución espacial de las estaciones climatológicas es muy variable, pero tiende a ser más densa en las zonas donde hay mucha variación en altitud y pendiente, y donde se concentra la mayoría de la población.

Partiendo de consultas hechas a los científicos que investigan los cultivos o productos básicos del CIAT, se seleccionaron los cinco criterios ambientales siguientes:

**La duración de la época de crecimiento del cultivo.** Esta se calculó como el número de meses de lluvia en los cuales la precipitación excede el 60% de la evapotranspiración potencial, calculada ésta mediante el método de Linacre (1977).

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. Húmeda                   | Más de 9 meses de lluvia                |
| 2. Estacionalmente lluviosa | 6 a 9 meses de lluvia                   |
| 3. Estacionalmente seca     | 3 a 6 meses de lluvia                   |
| 4. Árida                    | Menos de 3 meses de lluvia - DESCARTADA |

Las clases verdaderamente áridas se excluyeron porque el CIAT tiene relativamente poca experiencia en cultivos de temporal o en los recursos naturales de esas áreas.

**La temperatura durante la época de crecimiento del cultivo.** La clasificación según la temperatura fue la siguiente:

1. Zonas intertropicales bajas, con temperaturas superiores a 23.5 °C
2. Zona de altitud media, con temperaturas de 18 a 23.5 °C
3. Zona montañosa, con temperaturas de 13 a 18 °C
4. Zonas frías, con temperaturas inferiores a 13 °C - DESCARTADAS

Estos niveles de temperatura se seleccionaron partiendo de cifras comúnmente aceptadas, y que resultaron útiles en el pasado para clasificar las zonas donde se cultivan las especies que se hallan bajo el mandato del CIAT. Las zonas frías se descartaron porque representan un área en la cual el CIAT no tiene experiencia, y en la que otras organizaciones tienen una ventaja comparativa.

**El rango de temperatura diurna.** Esta variable se agregó para diferenciar las zonas en que hay rangos amplios de temperatura diurna de aquéllas en que los rangos son más estrechos. La distinción es similar a la que se hace entre los climas continental y costero. En América del Sur esta variable no indica una distancia relativa del mar, sino que refleja la 'influencia oceánica' de la cuenca Amazónica en el clima de la región. Aunque esta clasificación respecto a la influencia de la cuenca no se ajusta a ninguna clasificación de climas costeros o continentales publicada, los autores no encontraron una descripción más adecuada. El rango de temperaturas diurnas desempeña un papel importante en la incidencia de plagas y enfermedades, particularmente de enfermedades causadas por hongos.

1. Costera            La temperatura diurna abarca un rango medio inferior a 10 °C
2. Continental      La temperatura diurna abarca un rango medio superior a 10 °C

**El rango anual de temperatura.** Para diferenciar las zonas tropicales de las subtropicales, se fijó el nivel del rango de temperatura anual en 10 °C.

1. Tropical            Menos de 10 °C comprenden el rango anual de temperatura
2. Subtropical        Más de 10 °C comprenden el rango anual de temperatura

**La acidez del suelo.** Esta variable se utilizó para clasificar los suelos en dos clases: aquéllos con posibilidades de presentar problemas de acidez severa, y aquéllos sin probabilidades de presentar dichos problemas. Un nivel comúnmente utilizado para los suelos tropicales es un pH de 5.5 (Landon, 1984). Por debajo de este nivel, la química de muchos elementos cambia significativamente en términos de toxicidad o deficiencia para las plantas.

1. Suelos ácidos                      pH inferior a 5.5
2. Suelos menos ácidos              pH superior a 5.5 y neutros

**Resumen.** En teoría, estas variables produjeron 128 posibles ambientes. Ahora bien, éste era un número inmanejable de ambientes, y como las condiciones de cada ambiente variaban considerablemente, se eliminaron las áreas muy secas y muy frías hasta reducir el número teóricamente posible de ambientes a 72. De éstos, 9 combinaciones no existían en realidad, y otras 12 se descartaron porque o eran demasiado pequeñas para tenerse en cuenta, o eran zonas subtropicales templadas con un alto riesgo de heladas que impedían la producción de los cultivos en que el CIAT tiene experiencia.

**Estratificación.** El siguiente paso fue estratificar el resto de los ambientes en términos de su relevancia para el trabajo futuro del CIAT. Se aplicaron tres criterios generales: el potencial para aliviar la pobreza rural (equidad), el potencial para afectar positivamente los recursos naturales (conservación), y el potencial para aumentar la producción de alimentos (crecimiento). Para lograr esta estratificación, se combinaron las clases de ambientes con cuatro tipos de información mediante la capacidad de superposición de imágenes de un paquete de análisis geográfico, IDRISI (Eastman, 1988). A continuación se presentan los cuatro tipos de información:

**Acceso.** Para cada clase de ambiente se estimó el área accesible mediante la infraestructura actual, es decir, hasta 30 km de un camino transitable, de un río navegable o de la costa. La franja de 60 km a lo largo de un camino es una estimación generosa que permite incrementar el acceso.

En muchos casos, este ejercicio no redujo sustancialmente el área de los 51 ambientes. Sin embargo, en los ambientes húmedos y estacionalmente lluviosos excluyó zonas como el Tapón del Darién, la parte alta del Río Negro, y la parte media del Xingú, que son realmente inaccesibles pero que no están legalmente protegidas.

**Zonas legalmente restringidas.** Se digitaron las zonas legalmente protegidas contra el uso agrícola convencional en cada país de América Latina, a partir de mapas disponibles recolectados por UEA. Estas consisten principalmente en parques nacionales, reservas de bosques, reservas indígenas, reservas ecológicas o cuencas colectoras protegidas. Algunos países no reportan dichas zonas, y en otros la protección figura en el papel únicamente. Aunque estas áreas representan una

fracción significativa de algunos ambientes, se excluyeron de nuestro cálculo del área agrícola potencial de un determinado ambiente.

**Densidad de la población urbana y rural.** En América Latina, tanto la población urbana como la rural presentan una distribución desigual, por lo cual nos pareció importante identificar el tamaño absoluto y la distribución relativa de la población rural de cada ambiente, e indicar la distribución y el tamaño de los mercados urbanos.

Como una primera aproximación, se digitaron los datos de población tomados de un mapa de población publicado (Times Atlas, 1985). La población real que representaba este mapa se calculó en el computador y se levantó un nuevo mapa que contenía la población rural de 1986. Esta información se superpuso en el mapa de ambientes para estimar la población rural y urbana de cada ambiente.

**Ingreso per cápita rural.** Se incluyó esta variable como una medida general de la magnitud de la pobreza rural a nivel de país o, como en el caso de Brasil, a nivel de estado. Aun a estos niveles de agregación, el análisis reveló una gran variabilidad. Dentro de Brasil, por ejemplo, el ingreso per cápita rural varió de aproximadamente US\$150 (en los Estados de Maranhão y Piauí) a más de US\$2000 (Mato Grosso do Sul) (IBGE, 1984; Banco Mundial, 1987).

**Resultados.** La información socioeconómica obtenida se superpuso en el mapa de clases de ambiente, y se extrajo, para cada una de ellas, el ingreso medio rural con el fin de obtener un índice global de equidad. La importancia de una clase de ambiente, en términos de equidad, aumenta con el número de personas involucradas pero disminuye con el aumento del ingreso rural. En consecuencia, se dividió la población total por el ingreso rural para obtener un índice que aumentara proporcionalmente con un aumento de la población rural o de la pobreza --o de una y otra. El Cuadro S4.1 presenta las clases de ambiente que obtuvieron los mayores índices de equidad.

La clasificación de esos ambientes en términos de degradación ambiental (o riesgo de ocurrencia de ésta) fue más compleja, dado que existen diferentes tipos de degradación.

Las zonas con alto riesgo de desarrollar problemas de intensificación, tales como el uso excesivo de plaguicidas, se encuentran en las áreas que tienen acceso a los mercados y a la adquisición de insumos, y son probablemente las más densamente pobladas de cada clase de ambiente.

Un segundo tipo de degradación se presenta cuando se incorpora tierra virgen a la agricultura. Las zonas cuya vegetación nativa está relativamente intacta son probablemente aquellas cuya población rural es baja. Se clasificó el área de cada clase de ambiente con una población inferior a 2 personas/km<sup>2</sup>. Esta zona se puede

Cuadro S4.1. Clasificación de los ambientes por índice de pobreza rural.

Ambiente		Índice de pobreza rural	Población rural	Población rural/km <sup>2</sup>	IPC <sup>b</sup> rural promedio
Número	Descripción <sup>a</sup>				
2	T L S M A	16,480	7,462,384	3	453
9	T L D M W	11,988	6,264,550	16	523
8	T L S M W	9,304	5,860,458	12	630
3	T L D M A	7,619	4,122,772	8	541
17	T M S C A	6,912	7,133,114	8	1032
21	T M D M W	6,674	2,544,063	18	381
5	T L D C A	6,663	4,496,741	3	675
14	T M S M A	6,553	4,810,238	14	734
1	T L H M A	5,677	2,234,896	2	394
11	T L S C W	5,396	4,577,921	13	848

a. Descripción:

Columna 1: T = Tropical,	(U = Subtropical)	
Columna 2: L = Tierras bajas,	M = Altitud media,	(O = Montañas)
Columna 3: H = Húmedo,	S = Estacionalmente húmedo,	D = Seco
Columna 4: M = Costero,	C = Continental	
Columna 5: A = Suelos ácidos,	W = Suelos levemente ácidos y de buena calidad	

b. Ingreso per cápita.

considerar como el área disponible para la expansión agrícola, o como la vegetación nativa que requiere protección.

Un tercer tipo de degradación, que es importante, resulta de la erosión y del agotamiento nutricional del suelo causados por la aplicación insuficiente de insumos o por el acortamiento de los períodos en barbecho; supusimos que estos hábitos ocurrirían más frecuentemente en las zonas colonizadas más alejadas de los mercados, donde hay menos incentivos para el uso de insumos. Se utilizó como índice el área de cada clase ambiental que tuviera una densidad de población de baja a moderada (2 a 20 personas/km<sup>2</sup>) dividida por el ingreso rural. El Cuadro S4.2 muestra la clasificación de los ambientes según este índice.

Cuadro S4.2. Clasificación del área por ambiente con posibilidades de degradación por agotamiento de nutrimentos (e.g., erosión o pérdida de nutrimentos por escorrentía e infestación de malezas).

Número	Ambiente Descripción <sup>a</sup>	Índice de degradación por agotamiento	Población rural	Población rural/km <sup>2</sup>	IPC <sup>b</sup> rural promedio	Área accesible (km <sup>2</sup> )
2	T L S M A	792	7,462,384	3	453	810,689
3	T L D M A	517	4,122,772	8	541	426,590
9	T L D M W	473	6,264,550	16	523	341,225
5	T L D C A	449	4,496,741	3	675	484,108
17	T M S C A	427	7,133,114	8	1032	615,922
6	T L D C A	386	3,471,035	4	882	530,767
21	T M D M W	308	2,544,063	18	381	130,436
18	T M D C A	292	3,379,676	7	826	362,535
12	T L D C W	283	4,704,845	7	954	375,999
1	T L H M A	235	2,234,896	2	394	325,642

a. Véase nota a. en el Cuadro S4.1.

b. Ingreso per cápita.

La productividad se determinó subjetivamente asignando valores de 1 a 7 por unidad de área, y se utilizó como base para clasificar las clases de ambiente en términos de su posible contribución al crecimiento (Cuadro S4.3). Este índice se calculó multiplicando el área del terreno accesible y legalmente disponible por su valor de productividad. Los diez ambientes que mejor clasificación obtuvieron según este índice aparecen en el Cuadro S4.4.

## Fase 2. Selección de posibles clases de ambientes

Esta fase contó con la participación del comité administrativo del CIAT, de los economistas del centro, y de la UEA.

Se elaboró un cuadro de resumen que contenía las clases de ambiente que clasificaron en los cinco primeros lugares de los cinco tipos de clasificación (uno para equidad, uno para crecimiento, y tres para conservación de los recursos naturales) (Cuadro S4.5). El cuadro también indica si el ambiente figura o no entre los cinco

Cuadro S4.3. Índice de productividad relativa.<sup>a</sup>

Temperatura	Estación seca (meses)		
	< 2	3-6	7-9
Tierras bajas	3	4	2
Altitud media	4	4	2
Montañas	4	3	1

a. Se agregaron 2 puntos a los suelos no ácidos y 1 a las áreas subtropicales. Para obtener un índice de impacto en el potencial económico, el índice obtenido en este cuadro se multiplicó por el área accesible de cada ambiente.

Cuadro S4.4. Clasificación de los ambientes según el índice de potencial de producción.

Número	Ambiente		Índice subjetivo de producción	Suma de los índices de producción	Población rural	Área accesible (km <sup>2</sup> )
	Descripción <sup>a</sup>					
2	TL S M A		4	3,242,757	7,462,384	810,689
5	TL S C A		4	1,936,433	4,496,741	484,108
17	T M S C A		3	1,847,765	7,133,114	615,922
8	TL S M W		6	1,819,042	5,860,458	303,174
12	TL D C W		4	1,503,994	4,704,845	375,999
9	TL D M W		4	1,364,902	6,264,550	341,225
11	TL S C W		6	1,085,185	4,577,921	180,864
6	TL D C A		2	1,061,534	3,471,035	530,767
1	TL H M A		3	976,925	2,234,896	325,642
3	TL D M A		2	853,181	4,122,772	426,590

a. Véase nota a. en el Cuadro S4.1.

Cuadro S4.5. Ocurrencia<sup>a</sup> de las clases de ambiente en las cinco primeras categorías de la clasificación de temas y en los cultivos del CIAT.

Ambiente	Crecimiento	Equidad	Conservación de los recursos			Cultivos del CIAT
			1	2	3	
2	X	X	X	X	X	X
17	X	X	X		X	X
5	X			X	X	X
8	X	X	X			
9		X	X		X	
12	X		X	X		
3		X			X	
1				X		
6				X		X
18						X

a. X = El ambiente clasificó en los cinco primeros lugares para este criterio.

primeros en términos de las responsabilidades actuales del CIAT para con sus cultivos o productos básicos. Partiendo de este cuadro, los ambientes de mayor relevancia para la investigación que hace el CIAT sobre el manejo de recursos son el 2, el 17, el 5, el 8, el 9 y el 12. Un resultado sorprendente fue la importancia del ambiente 2 respecto a todos los criterios, ya que estando conformado principalmente por bosque estacional húmedo, no se esperaba que clasificara en los primeros lugares en términos de pobreza rural; en efecto, este ambiente da la impresión general de que su población está muy dispersa. En realidad, posee una población considerable, principalmente en las zonas costeras, cuyo ingreso rural per cápita es muy bajo y sugiere un gran problema de pobreza.

Los índices de crecimiento, equidad o conservación extraídos de las imágenes del GIS pueden haber sido afectados sustancialmente por el área total; por ello se hizo un análisis de sensibilidad en que variaban los valores según los criterios de crecimiento, equidad, y conservación de los recursos naturales, y que consideraba los siguientes factores:

1. Carácter internacional, es decir, el número de países en los cuales se encuentra la clase de ambiente;

2. Ventaja comparativa del CIAT, en términos del porcentaje de área sembrada con los cultivos incluidos en el mandato del CIAT;
3. Importancia para los países andinos, centroamericanos y del Caribe (excluyendo a Brasil).

La variable **crecimiento** se dividió en dos componentes:

1. El índice potencial de producción, tal como se definió previamente.
2. Un índice potencial de crecimiento, que incluyó el factor población, puesto que las zonas actualmente pobladas tienen mayor potencial de crecimiento que las ubicadas más allá de las fronteras.

El índice de **equidad** (pobreza rural) se redefinió como la densidad de población rural dividida por el ingreso rural, para excluir así el tamaño de la zona.

Los índices de **conservación de los recursos** se modificaron con el fin de que incluyeran el índice potencial de producción donde hubiera alto riesgo de problemas de abuso o de degradación por erosión y agotamiento nutricional del suelo. Esto se hizo para tener en cuenta el valor adicional de la investigación, y para evitar la pérdida de un recurso altamente productivo. El segundo índice, que ponderaba la cantidad de tierra virgen, se fijó deliberadamente en un nivel bajo, porque la utilidad de dicha tierra para la agricultura depende sustancialmente del valor y de la calidad de ésta.

Los índices se normalizaron a una media de cero y a una varianza unitaria, y se combinaron en un índice acumulativo con valores ponderados según los cinco escenarios presentados en el Cuadro S4.6.

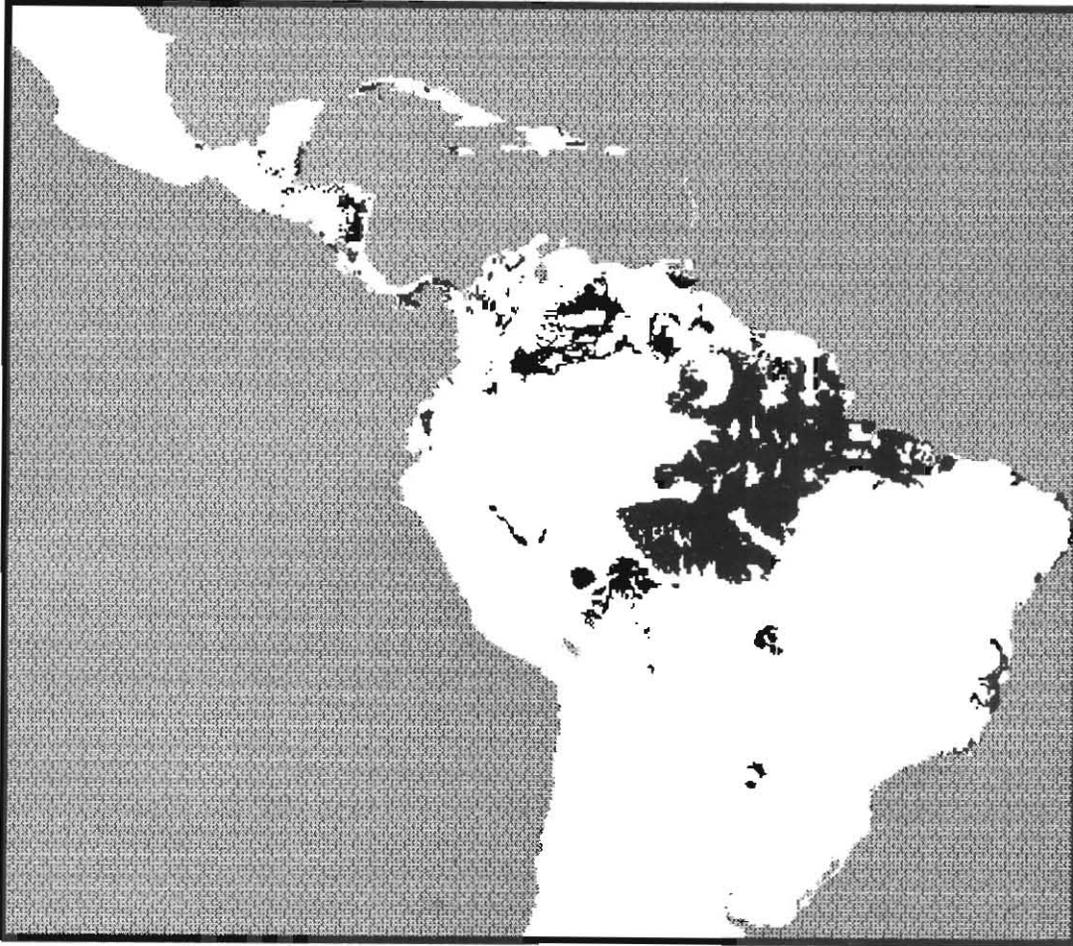
El Cuadro S4.7 muestra la clasificación de las clases ambientales para los cinco escenarios de ponderación. El orden derivado de las diversas ponderaciones parece muy estable. Los ambientes 2, 5, 8, 9, 11, 17 y 20 se seleccionaron para un estudio más detallado. A continuación se presentan los mapas que muestran la distribución de estas clases de ambientes y una breve descripción de cada una.

Cuadro S4.6. Escenarios que reciben ponderación para obtener índices acumulativos.

Índices y factores	Ponderación según escenario:				
	1	2	3	4	5
Potencial de producción	4	4	8	4	4
Potencial de crecimiento	6	6	12	6	6
Equidad rural	10	10	10	10	10
Conservación					
1	5	5	5	5	5
2	1	1	1	1	1
3	4	4	4	4	4
Carácter internacional	3	0	3	3	3
Cultivo del CIAT	5	0	5	5	5
Area fuera de Brasil	5	0	5	0	10

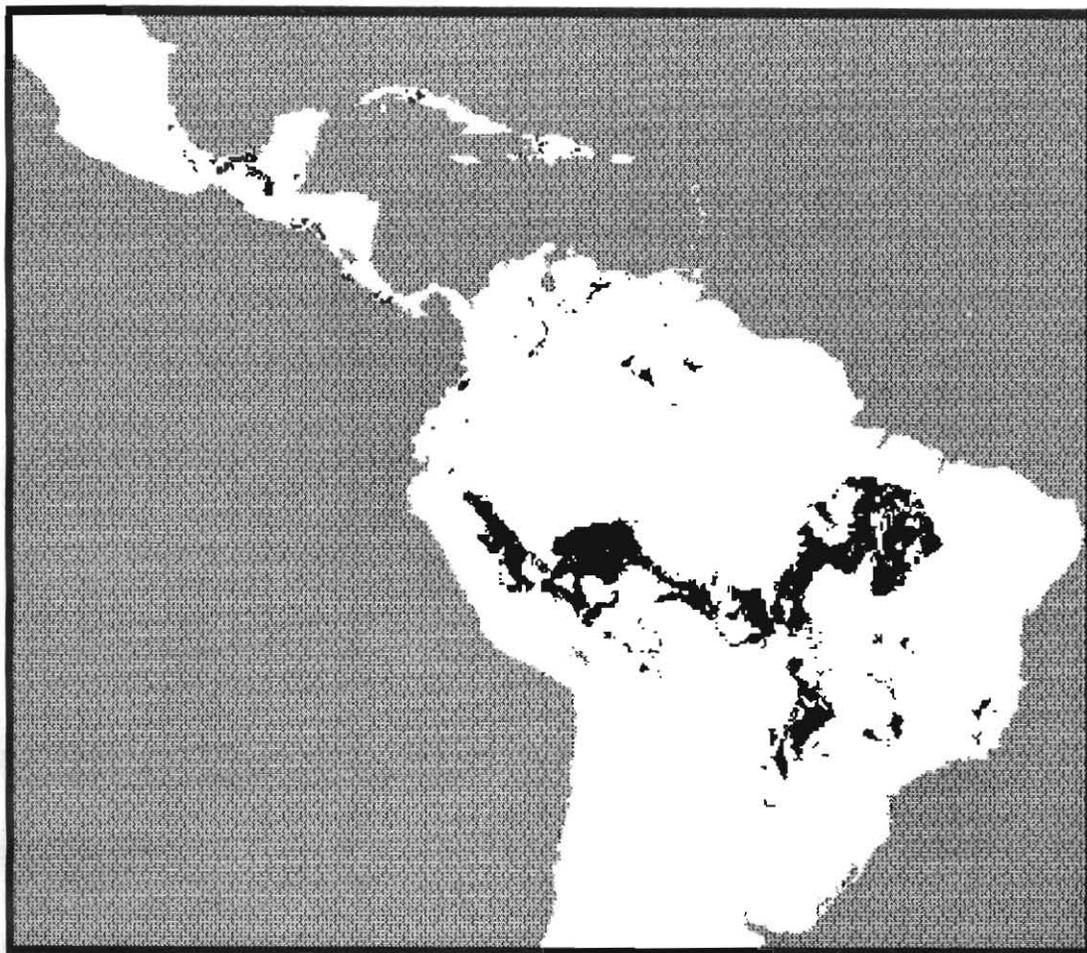
Cuadro S4.7. Resultados del análisis de sensibilidad de los ambientes, utilizando cinco escenarios ponderados diferentes.

Puntaje del ambiente	Escenario ponderado				
	1	2	3	4	5
Primeros	8	9	8	2	8
cinco	2	2	2	9	2
lugares	9	8	9	8	9
	17	17	17	17	17
	20	20	11	20	11
Segundos	11	21	20	21	12
cinco	12	11	12	11	20
lugares	21	12	21	12	5
	5	5	5	5	21
	14	34	14	23	14



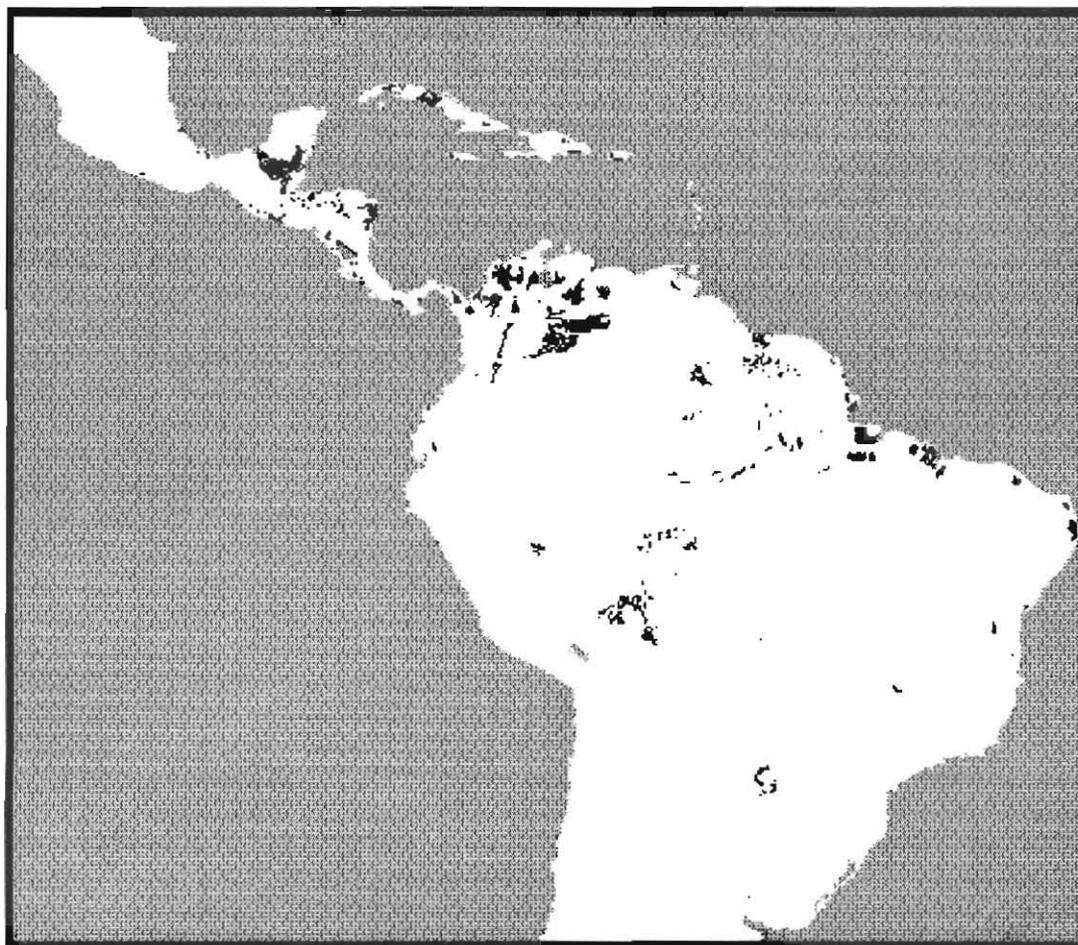
Mapa 1. Ambiente 2: Tierras bajas estacionalmente húmedas, zonas tropicales costeras, suelos ácidos.

Este ambiente es heterogéneo; incluye áreas muy pobladas del litoral brasileño, áreas bajo el cultivo de caña de azúcar y cacao, y algunas zonas similares en el Caribe y en América Central. También incluye grandes áreas de bosque semisiempreverde estacionalmente seco en Brasil, Perú, Colombia, Bolivia y América Central; las sabanas (Llanos) de Colombia y Venezuela; y áreas de Cerrados al norte de Brasil.



Mapa 2. Ambiente 5: Tierras bajas estacionalmente húmedas, zonas tropicales continentales, suelos ácidos.

Este ambiente es la contraparte continental del Ambiente 2. Gran parte de la zona consta de bosque estacionalmente húmedo, con algunas sabanas de trópico bajo. Grandes extensiones son inaccesibles y están levemente pobladas. Excepto las áreas ya deforestadas y degradadas, gran parte de este ambiente merece conservarse.



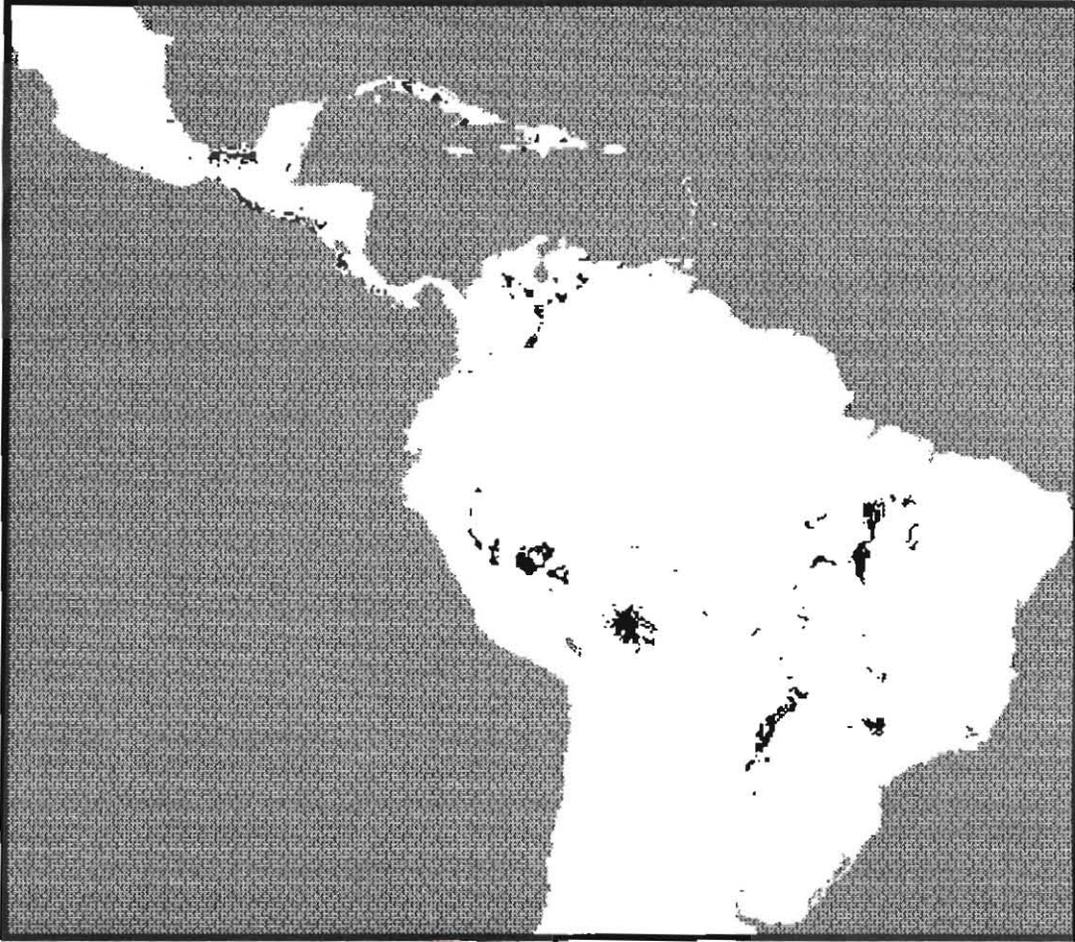
Mapa 3. Ambiente 8: Tierras bajas estacionalmente húmedas, zonas tropicales costeras, suelos de buena calidad.

Este ambiente comprende zonas costeras bastante pobladas en todo el continente, excepto en Perú. Una de sus anomalías, como se aprecia en el mapa, es la inclusión de zonas mal drenadas en Bolivia, Colombia, y en algunas partes de la cuenca Amazónica. Aparte de estas zonas anómalas, esta clase ambiental es, en general, muy productiva.



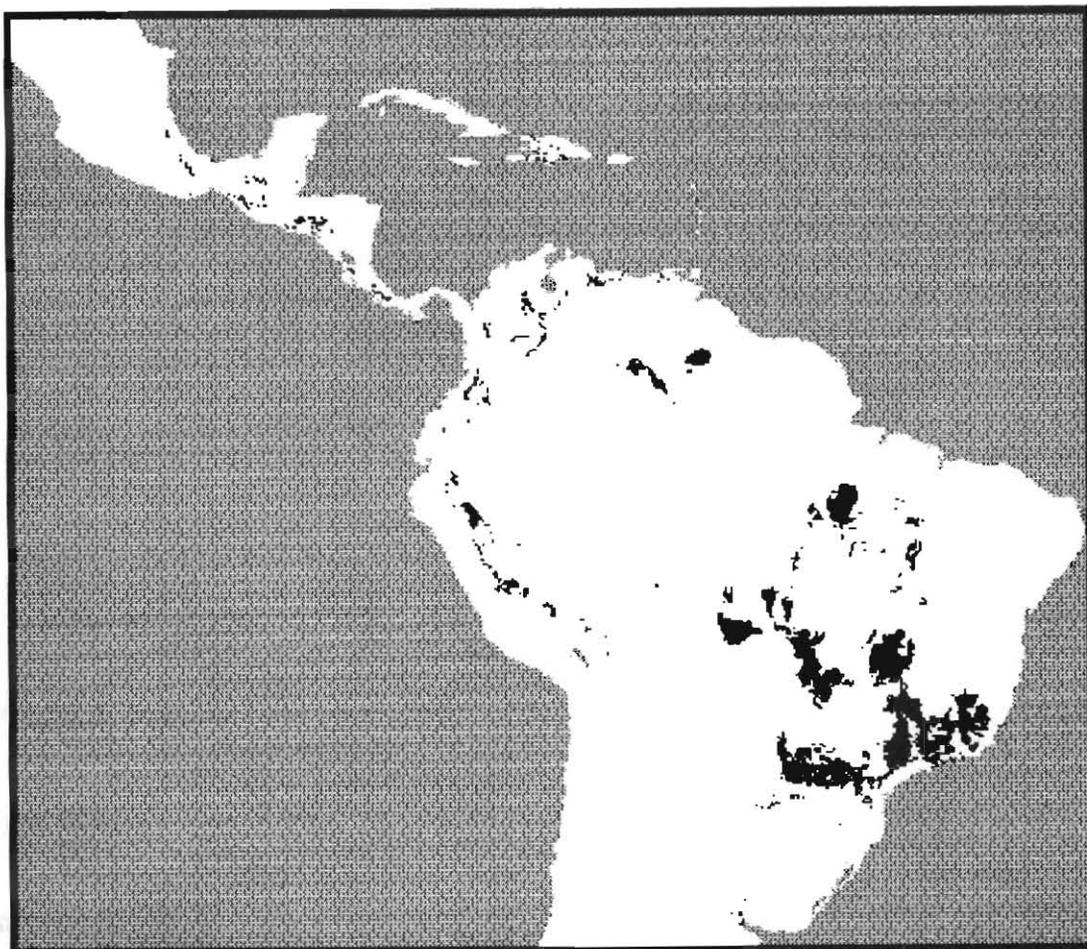
Mapa 4. Ambiente 9: Zonas tropicales bajas y secas, suelos costeros de buena calidad.

Aunque limitado en extensión, este ambiente incluye zonas costeras muy pobladas del nordeste de Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador, Costa Rica y México. Contiene las áreas menos densamente pobladas de la península de Yucatán, de Honduras y de Bolivia. Gran parte de este ambiente se compone de tierras de ladera, en que se siembra mucho algodón y diversos cultivos anuales. Es también un ambiente importante para la caña de azúcar.



Mapa 5. Ambiente 11: Trópico bajo estacionalmente húmedo, zonas tropicales continentales, suelos de buena calidad.

Este ambiente es la contraparte continental del Ambiente 8. Aunque algunas zonas de este ambiente están muy pobladas y son muy productivas, otras son remotas y se encuentran, relativamente inaccesibles, en el interior del continente.



Mapa 6. Ambiente 17: Zonas tropicales continentales, áreas de altitud media estacionalmente húmedas, suelos ácidos.

Este ambiente, supremamente heterogéneo, se relaciona estrechamente con las zonas cafeteras más pobres de América Central y de los Andes. Grandes áreas de este ambiente incluyen, en Brasil, los Cerrados altos alrededor de Brasilia y el terreno más quebrado de las zonas cafeteras del sur. Aparte de las sabanas de Roraima (norte de Brasil) y Guyana, y de la región norte de los Cerrados, todas estas zonas están moderadamente pobladas o muy pobladas.



Mapa 7. Ambiente 20: Zonas tropicales costeras, áreas de altitud media estacionalmente húmedas, suelos de buena calidad.

Aunque de muy poca extensión geográfica, este ambiente se compone de zonas cafeteras densamente pobladas y relativamente ricas, que se encuentran en América Central y en el norte de los Andes. También contiene zonas con suelos de buena calidad en las serranías del interior de Brasil, y es la contraparte de los 'suelos de buena calidad' del Ambiente 17.

### **Fase 3. Determinación de conglomerados de uso de la tierra**

La selección de clases de ambiente en las cuales se concentrarían los esfuerzos de la investigación no es suficiente para identificar y caracterizar los problemas susceptibles de investigación. Como los problemas de manejo de los recursos dependen tanto del uso de la tierra como de la naturaleza de los recursos, el objetivo de la fase 3 fue, en consecuencia, evaluar el uso real de la tierra en los ambientes seleccionados; esta tarea requirió la identificación de los principales usos de la tierra y del ambiente.

**Metodología.** El procedimiento empleado consistió en levantar un mapa de la zona contigua a un determinado ambiente (denominada subzona), y determinar algunas variables en relación con el uso real de la tierra en dicha área. Una delimitación de 600 km<sup>2</sup> redujo el número de subzonas, en los ambientes seleccionados, de más de 500 a un poco más de 300, las que aún representan más de 98% de la zona.

Se hallaron variables simples para las características físicas, biológicas y agrícolas de cada ambiente mediante el estudio de mapas, censos, atlas e informes. También se consideraron variables socioeconómicas, tales como los sistemas agrícolas importantes, la densidad de población, la dependencia urbana de la agricultura, la distribución de la tierra, el porcentaje de área fácilmente accesible, y la distancia relativa a los mercados.

Paralelamente, se entrevistó a varias personas de diferentes países que visitaron el CIAT, y se obtuvo información reciente y de primera mano sobre todas las subzonas en que fue posible hacerlo. Esto ayudó a confrontar la información secundaria que se había utilizado en la descripción de los ambientes.

Las variables sirvieron para determinar sistemas genéricos de producción para las 300 subzonas, por ejemplo, la cría intensa de ganado o el riego intensivo en los cultivos anuales. Es importante anotar que prácticamente todas las subzonas poseían, por lo menos, dos modalidades de sistema de producción practicadas por diferentes personas, como la cría intensa de ganado desarrollada por productores de grandes recursos, y el cultivo migratorio practicado por pequeños agricultores.

**Resultados.** Las clases ambientales en que se repetían los patrones de uso de la tierra se denominaron conglomerados de sistemas agroecológicos, o sea, grupos de zonas donde el clima, el suelo y el uso de la tierra eran similares. La Figura S4.1 indica que más de un tercio de las posibles combinaciones de patrones de uso de la tierra y las siete clases de ambiente seleccionadas existen en la región estudiada. Algunos usos de la tierra no son significativos en ciertos ambientes. Entre las combinaciones registradas es relativamente fácil identificar los principales conglomerados de sistemas agroecológicos en términos de área y población.

Los conglomerados de uso de la tierra se ordenaron subjetivamente para agrupar patrones similares de uso de la tierra. El patrón resultante, que aparece en la Figura S4.1, sirve de base para reagrupar los conglomerados de sistemas

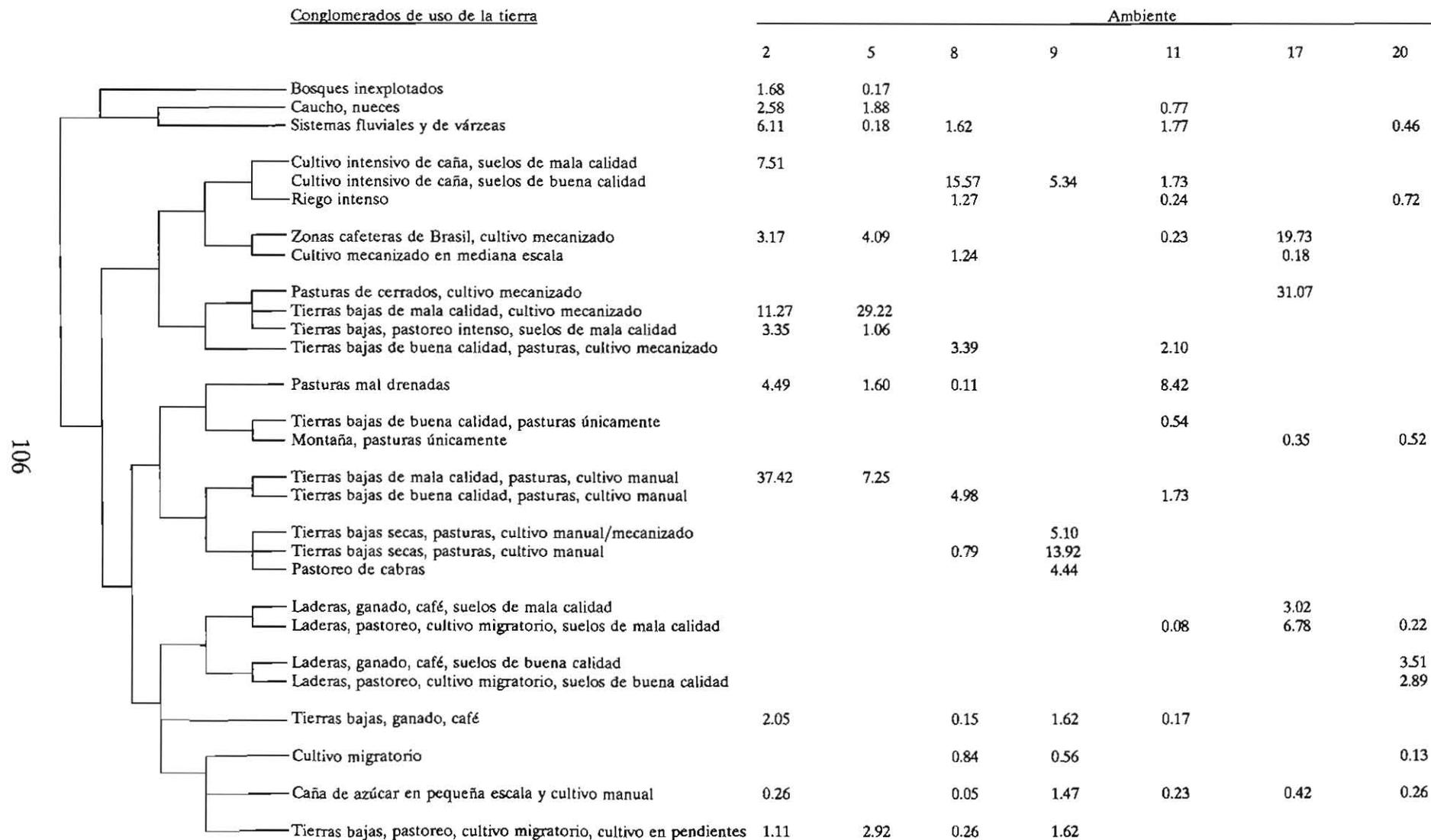


Figura S4.1. Area de los conglomerados de sistemas agroecológicos en los siete ambientes.

agroecológicos para su descripción general. El reagrupamiento se puede hacer a través de los ambientes dentro de un conglomerado de uso de la tierra, o a través de los conglomerados de uso de la tierra dentro de un ambiente, como se ilustra a continuación.

## **Descripción de los principales usos de la tierra dentro de una clase de ambiente**

**Ambientes 8 y 9: Cultivo intensivo de caña de azúcar, cultivo mecanizado.** Estas zonas se caracterizan por la producción intensiva de caña de azúcar en haciendas, por el pastoreo en pasturas cultivadas o introducidas en fincas de grandes recursos, y por el cultivo mecanizado de sorgo, soya, algodón y arroz de riego. El sector de los pequeños productores se concentra generalmente en el cultivo de frutales y hortalizas. En algunas zonas se cultivan el tabaco, el frijol, el maíz y, en pequeña cantidad, la yuca.

Los suelos son de buena calidad y la topografía es plana, lo que permite la mecanización. Queda poca o ninguna vegetación natural en estas áreas, excepto las praderas nativas, apropiadas para el pastoreo. Raras veces se practica el barbecho.

El potencial de crecimiento es bajo en términos de expansión del área, porque es poca la tierra que queda sin usar. La tendencia hacia el cultivo mecanizado puede disminuir la importancia del pastoreo. El sector de los pequeños productores representa 80% de la población rural, pero posee sólo cerca de 5% a 10% de la tierra.

La creciente rentabilidad de los cultivos mecanizados de grandes dimensiones puede llevar a éstos a absorber a los pequeños agricultores; sin embargo, este fenómeno es menos probable en ciertas áreas donde el sector de los pequeños productores es relativamente próspero gracias a la siembra de cultivos de alto valor para los mercados urbanos.

El sector de los pequeños productores proporciona mano de obra para las haciendas y para las fincas grandes. La mano de obra también se encuentra en las poblaciones urbanas cercanas.

**Problemas.** El uso de estas tierras acarrea tres riesgos:

1. El riesgo de erosión es generalmente bajo, pero puede presentarse compactación del suelo en algunas zonas, debida al uso de maquinaria pesada.
2. En muchos lugares, la acumulación de sales causada por prácticas de riego deficientes constituye un riesgo.

3. El uso excesivo de plaguicidas y herbicidas es frecuente en las fincas comerciales, especialmente en cultivos de arroz, algodón y soya.

**Efecto de exceso.** La sustitución del pastoreo por los cultivos desplazará el ganado a zonas de más difícil manejo.

**Ambientes 2 y 5: Pastoreo intenso en tierra bajas, suelos de baja fertilidad.** Este patrón se encuentra en la altillanura de Colombia, y en México y Venezuela. El área accesible de estas sabanas es de 4.41 millones de hectáreas. Los suelos son muy ácidos y la vegetación natural se compone de sabanas y bosques semisiempreverdes. La topografía es plana y sólo 5% a 20% del área está constituida por laderas cuyas pendientes varían de 8% a 30%.

Este patrón de uso de la tierra se diferencia de los 29.2 millones de hectáreas de sabanas de los Ambientes 2 y 5, porque posee cultivos insignificantes de especies perennes o anuales, sean éstos de manejo manual o mecanizado.

La densidad de la población es baja. El tamaño promedio de las fincas es de aproximadamente 1000 hectáreas, aunque está disminuyendo. Actualmente, el principal sistema de producción es la cría de terneros en pasturas nativas. Aunque el aislamiento no es extremo, los mercados están bastante alejados.

El potencial de crecimiento para cultivos tolerantes a suelos ácidos en terreno mecanizable es alto.

**Problemas.** El uso de estas tierras presenta dos riesgos:

1. Existe un riesgo moderado de erosión en los suelos cubiertos con pasturas nativas, que podría ser más grave en las laderas, aunque sean de pendiente moderada, si en éstas se hace un manejo inapropiado de los cultivos.
2. La destrucción de las áreas que restan del bosque de galería.

**Efecto de exceso.** La intensificación puede aumentar marginalmente la demanda de mano de obra rural o acelerar la reducción del tamaño de las fincas.

La tecnología desarrollada para estas áreas también debe ser aplicable a las pasturas de tierras bajas establecidas en los suelos de mala calidad de los Ambientes 2 y 5, donde ya existe el cultivo mecanizado. También podría aplicarse en áreas taladas.

**Ambientes 2 y 5: Pasturas del trópico bajo con suelos de baja fertilidad, cultivos manuales.** Esta es una amplia zona marginal que contiene casi 45 millones de hectáreas. Tiene grados variables de acceso a los mercados, los cuales son, en general, de moderadamente distantes a remotos. La distribución de la tierra y del ingreso es muy desigual. Aproximadamente, 50% de los agricultores posee menos de 10 hectáreas y controla menos de 10% de la tierra.

La vegetación natural se caracteriza por un bosque semisiempreverde que, en algunos casos, ha desaparecido totalmente. Sin embargo, cerca de 40% del bosque original se conserva, y está ubicado generalmente en zonas pendientes o inaccesibles.

Aproximadamente 4% de la tierra se encuentra sembrada con cultivos perennes, y 11% con cultivos anuales; 30% se dedica al pastoreo intenso. En algunas áreas, hasta 30% se encuentra en barbecho arbustivo. Aunque la topografía es heterogénea, más de la mitad del área es plana y mecanizable. Un tercio del terreno es ondulado y el resto montañoso.

La densidad de población es de media a baja, con algunas áreas de alta concentración poblacional en el litoral brasileño y en el Caribe. De 30% a 70% de los agricultores posee entre 1 y 10 hectáreas de tierra.

**Problemas.** El uso de esta tierra tiene tres aspectos:

1. En su mayoría, las áreas muestran un contraste notorio, según sean usadas por pequeños agricultores que practican el cultivo migratorio, o si se dedican al pastoreo intensivo.
2. La competencia por la tierra está acortando los períodos en barbecho e induciendo a los pequeños agricultores a tumbar más bosque.
3. La degradación del suelo será un problema donde los períodos en barbecho se reduzcan debido a la escasez de tierra y a la inseguridad en la tenencia de ésta entre los pequeños agricultores.

**Efecto de exceso.** La tecnología desarrollada para las sabanas situadas en tierras bajas puede ser apropiada para el propietario rural de grandes recursos en los márgenes del bosque, aunque dicho agricultor no trata actualmente de mecanizar mucho sus cultivos. La mecanización podría aumentar la competencia por tierra y hasta incrementar la tala del bosque.

**Ambientes 17 y 20: Laderas de altitud media provistas de humedad suficiente.** Estas áreas se encuentran en América Central, el Caribe y los Andes, y comprenden:

- laderas con ganado y café, en suelos infértiles (3.02 millones de hectáreas);
- laderas con ganado y café, en suelos de buena calidad (3.52 millones de hectáreas);
- laderas con pastoreo y cultivo migratorio, en suelos infértiles (7.01 millones de hectáreas);
- laderas con pastoreo y cultivo migratorio, en suelos de buena calidad (2.90 millones de hectáreas).

Este conglomerado también incluye áreas de los ambientes 14 y 23, que no se analizaron en este estudio, y que se consideraron similares a los ambientes 17 y 20.

Aun a este nivel de clasificación, estas áreas son muy heterogéneas. La vegetación natural se compone principalmente de bosque estacionalmente seco, pero con algunas áreas de bosque húmedo o premontano, del cual queda aproximadamente 10%.

El acceso es generalmente bueno, excepto en las áreas de suelos infértiles en las que se practica el cultivo migratorio. La población es mayor en las áreas cafeteras, y menor en las que no lo son y tienen suelos de mala calidad. La distribución de la tierra es completamente desigual; casi 80% de los agricultores poseen aproximadamente 20% de la tierra. El aislamiento de la región es generalmente de bajo a moderado, aunque las malas condiciones de los caminos en las montañas hacen largos los viajes en algunas áreas.

Los cultivos perennes representan 30% del área, aun en las mejores zonas no cafeteras. De 5% a 20% de la tierra se siembra con cultivos anuales, y de 20% a 60% con pasturas. El barbecho arbustivo representa el resto de la tierra, o sea, de 10% a 30% según el área de que se trate.

Aproximadamente 50% del terreno es ondulado, 40% a 50% es pendiente, y cerca de 10% es plano.

**Problemas.** El uso de esta tierra implica cuatro riesgos:

1. La erosión es un problema serio en casi todo el territorio, a causa de:
  - \* el sobrepastoreo en pasturas pendientes;
  - \* la quema del barbecho;
  - \* el mal manejo de los cultivos; y
  - \* el mal manejo del café, en algunos casos.
2. En las zonas cafeteras se abusa de los plaguicidas.
3. Aunque la mayor parte del bosque que aún subsiste se encuentra en tierras pendientes, hay todavía presiones para tumbarlo.
4. El lavado del café contamina frecuentemente los arroyos y los ríos.

**Ambiente 9: Pastoreo extensivo y pequeños cultivos manuales, en tierras bajas secas, con suelos no ácidos.** Este patrón de uso de la tierra ocupa cerca de 14 millones de hectáreas, que en su mayoría son de fácil acceso. Se aplica en una porción importante del nordeste de Brasil, en la región media del Sinú en la Costa Norte de Colombia, y en las regiones de Acapulco y Cancún en México. La densidad de la población rural

va de moderada a alta, y el total de la población rural se estima en 2,700,000 habitantes.

Entre 30% y 50% de las fincas poseen menos de 10 hectáreas y representan menos de 5% de la tierra.

La vegetación natural, compuesta por matorrales, bosque seco y sabana con árboles, cubre aproximadamente la mitad del área.

La tierra cultivable está dominada por pasturas, que representan cerca de 30% del área total. El barbecho arbustivo varía en importancia, y en algunos lugares representa hasta 40% del área. Aunque los cultivos anuales ocupan cerca de 10% de la tierra, casi no hay cultivos perennes, excepto en algunas partes de la región nordeste de Brasil, donde el marañón y el algodón ocupan hasta 15% de la tierra.

La topografía es predominantemente plana (70%) y el 30% restante del terreno es ondulado.

**Problemas.** El uso de esta tierra presenta tres riesgos:

1. El riesgo de sequía, ya que la precipitación no es confiable y eleva el riesgo de pérdida de los cultivos y de erosión del suelo.
2. La pérdida de la fertilidad del suelo, en la medida en que el valor bajo de los productos reduce el uso de los fertilizantes.
3. La competencia por tierra de buena calidad.

**Ambientes 8 y 11: Pasturas extensas y pequeños cultivos manuales en suelos no ácidos de tierras bajas estacionales.** Estos ambientes ocupan cerca de 6.7 millones de hectáreas en el norte de Colombia, Venezuela, Guatemala, Belice, México, Paraguay y Brasil (costa del Estado de Ceará). La vegetación natural se compone de bosque estacional. En promedio, la mitad del área conserva este tipo de cubierta vegetal. Los patrones de tenencia de la tierra varían enormemente. Estas áreas no están densamente pobladas, aunque la población rural es, en total, cerca de 2 millones. El grado de accesibilidad es muy variable.

Menos de 5% del área está sembrada con cultivos perennes, y de 5% a 40% con cultivos anuales. Las pasturas representan cerca de 40%, y en algunos lugares la proporción asciende a cerca de 70%. El barbecho arbustivo carece de importancia.

De 40% a 90% del terreno es plano, y de 10% a 50% es ondulado. Las laderas pendientes son escasas, y generalmente no exceden 30% del área en que se encuentran.

**Problemas.** El uso de esta tierra presenta cuatro riesgos:

1. Tala del bosque.
2. Manejo inadecuado de las pasturas.
3. Inseguridad en la tenencia de la tierra.
4. Falta de servicios sociales y de infraestructura.

**Ambientes 2 y 5: Pasturas en tierras bajas de mala calidad, cultivo mecanizado, algo de cultivo manual.** Este patrón de uso de la tierra se encuentra en un área extensa de 40.5 millones de hectáreas que cubre a Brasil, Colombia, Panamá, México y Paraguay. De esta área, 29.2 millones de hectáreas son sabanas de tierras bajas, ecológicamente similares a las altillanuras de Colombia, siendo el resto bosque estacionalmente seco. Estas sabanas difieren de las de Carimagua en que una porción significativa de ellas, a veces hasta 30%, se encuentra bajo cultivo mecanizado.

La zona caracterizada por este patrón de uso de la tierra tiene una población de 2.7 millones de habitantes. Aunque el acceso a la región es variable, más de la mitad del área es 100% accesible. La distancia a los mercados es generalmente moderada, excepto unas pocas áreas que están realmente aisladas.

Aproximadamente, de 50% a 90% del área tiene aún vegetación natural, pero donde ésta es de sabana, está sometida a pastoreo. Prácticamente no se siembran cultivos perennes, pero en las áreas cultivadas poca tierra se deja en barbecho.

La proporción de tierra plana es relativamente baja, aunque puede alcanzar hasta 25%. El resto del terreno es ondulado, con fuertes pendientes, y representa menos de 5% del área.

Cerca de 50% de los agricultores emplea menos de 8% de la tierra para cultivos como arroz de secano, sorgo y algo de soya.

**Problemas.** El uso de esta tierra presenta tres riesgos:

1. Erosión, ya que sólo un tercio de la tierra es apropiado para cultivo mecanizado; por ello, los pequeños agricultores cultivan a menudo en las laderas.
2. Compactación del suelo por el uso de maquinaria pesada.
3. Agotamiento del suelo, porque los suelos son de mala calidad e inapropiados para el cultivo continuo.

**Ambiente 17: Pasturas como las de los Cerrados y cultivo mecanizado.** Este patrón de uso de la tierra, que cubre 31 millones de hectáreas, se encuentra casi exclusivamente en Brasil. El acceso a ellas es moderado y la distancia a los mercados es intermedia.

La densidad de la población rural varía de baja a media. La distribución de la tierra es muy variada; mientras que en algunas partes casi ningún agricultor posee menos de 10 hectáreas, en el sudeste hasta 50% de los agricultores cultivan menos de esta área.

Más de 50% del área está cubierta aún de vegetación natural, por ejemplo, campo cerrado, cerrado, y bosque estacionalmente seco. Casi no hay cultivos perennes ni bosques manejados técnicamente. En promedio, 13% del área se encuentra bajo cultivo anual, pero este porcentaje es mayor cerca de los mercados. Menos de la mitad del área está cubierta de pasturas, y una fracción significativa de ella está bajo alguna forma de bosque natural.

Sólo 54% del área total tiene laderas con pendientes de menos de 8%, y en 13% de ella hay laderas con pendientes de 30% o más.

**Problemas.** El uso de esta tierra presenta tres riesgos:

1. Erosión.
2. Compactación del suelo bajo el cultivo mecanizado.
3. Descenso del nivel freático como resultado del cultivo.

**Ambiente 9: Pasturas extensas, cultivo mecanizado de tamaño mediano o grande y pequeños cultivos manuales, en tierras bajas secas con suelos de buena calidad.** Este patrón de uso de la tierra comprende cerca de 5.1 millones de hectáreas. Incluye áreas del nordeste de Brasil y del Mato Grosso, las sabanas de Bolívar en la costa norte de Colombia, y áreas pequeñas de Nicaragua y Bolivia. En conjunto, estas áreas poseen una población rural moderadamente densa. Entre 30% y 70% de las fincas tiene un tamaño inferior a 10 hectáreas y no representa más de 5% de la tierra.

La vegetación natural, que varía de sabana boscosa a bosque estacional, cubre aproximadamente un cuarto del área total. Los cultivos perennes no son importantes y los anuales representan de 5% a 10% del área. La proporción del área cubierta con pasturas varía de 30% a 70%, y la de tierra en barbecho de 10% a 30%. Hay topografía plana y ondulada, principalmente. La mayoría de las áreas son accesibles pero moderadamente aisladas de los mercados urbanos.

**Problemas.** El uso de esta tierra tiene los riesgos siguientes:

1. Disponibilidad de agua para los cultivos y el ganado.
2. Erosión del suelo.
3. Acceso a los mercados.
4. Escasez de mano de obra causada por la emigración.
5. Falta de oportunidades de empleo.

#### **Fase 4. Selección de los conglomerados de sistemas agroecológicos**

Los patrones de uso de la tierra identificados en la fase 3 se evaluaron respecto a su tamaño y a su población humana, de manera que se pudieran descartar aquéllos de poca significación para los objetivos del CIAT. Siguiendo el método subjetivo de agrupación empleado anteriormente, los nueve conglomerados descritos se redujeron a seis conglomerados de sistemas agroecológicos. Aunque abarcaban diferentes patrones de uso de la tierra y diferentes clases ambientales, las 'sabanas' se agruparon como un conglomerado fácilmente reconocible y potencialmente útil, siempre y cuando se tengan en cuenta sus diferencias fundamentales. Posteriormente, los seis conglomerados se sometieron a la evaluación de grupos de trabajo, para poder tomar una decisión final sobre la asignación de los recursos del CIAT a la investigación sobre el manejo de los recursos naturales.

A continuación se presentan los seis conglomerados resultantes:

1. Areas de explotación agrícola intensa, cultivadas a menudo con caña de azúcar, ubicadas principalmente en regiones bajas y en suelos no ácidos.
2. Zonas de producción agrícola mecanizada, como las cafeteras, que se encuentran exclusivamente en Brasil. Estas son más extensas en las montañas, aunque algunos sistemas de tierras bajas contienen una población significativamente grande.
3. Areas de tierras bajas y montañosas, de pastoreo intensivo y de agricultura mecanizada en suelos ácidos. La altillanura colombiana se incluyó en este grupo, aunque la producción agrícola mecanizada aún no es importante en esa región. Estos patrones de uso de la tierra comprenden aproximadamente 76 millones de hectáreas, y son en buena parte los más extensos de todos los identificados. También poseen poblaciones absolutas grandes, a pesar de la baja densidad global.

4. Areas de pastoreo intensivo y pequeños cultivos manuales en suelos ácidos. Estas áreas son también muy extensas (45 millones de hectáreas) y están densamente pobladas. Se componen principalmente de márgenes de bosque o de áreas cubiertas en el pasado por el bosque estacional.
5. Areas de pastoreo intensivo y pequeños cultivos manuales, en regiones bajas secas.
6. Zonas montañosas bajo pastoreo intensivo, con cultivos migratorio o de pequeños agricultores, y con cultivos perennes (especialmente café) en suelos ácidos.

El único patrón significativo de uso de la tierra que no se consideró fue el dominado por el pastoreo intensivo en pasturas mal drenadas. Este se encuentra en un área reducida, pero posiblemente tiene una población rural mayor que la de las zonas montañosas con sistemas de producción de ganado y café.

**Criterios de selección y procedimiento.** Para evaluar los diferentes conglomerados se aplicó el siguiente conjunto de criterios, partiendo de los tres objetivos del CIAT, a saber, crecimiento, equidad, y conservación de los recursos naturales.

#### **Grupo 1. Potencial económico**

- Demanda del mercado : La demanda de productos agrícolas es significativa.
- Area o volumen total : La extensión espacial o la importancia global --o ambas-- tienen gran importancia para la producción agrícola.
- Potencial de intensificación : Los actuales sistemas de producción se podrían intensificar significativamente.
- Infraestructura : Las comunicaciones físicas y los servicios de apoyo son buenos.

#### **Grupo 2. Recursos potenciales**

- Indice de productividad : Las condiciones climáticas y edáficas son favorables para la agricultura.
- Expansión : Existen posibilidades para expandir la agricultura.
- Vegetación natural : Hay potencial para conservar la vegetación natural, de la cual quedan áreas significativas.
- Efecto de exceso : La intervención tendría un impacto positivo --y la no intervención un impacto negativo-- en otros lugares.

### **Grupo 3. Problemas relacionados con los recursos**

- Fragilidad ecológica : El área es ecológicamente frágil para la agricultura.
- Sostenibilidad : Los actuales sistemas de producción no son sostenibles por diversas razones, como el abuso de los agroquímicos.
- Deforestación : La deforestación es preocupante en un área considerable.
- Degradación del suelo : El recurso suelo está sufriendo degradación significativa o erosión.

### **Grupo 4. Equidad**

- Pobreza rural : El número de campesinos pobres es alto.
- Oportunidades de empleo : Es posible generar muchas oportunidades de empleo por medio de la agricultura.
- Oferta de alimentos : El área provee o podría proveer para la población alimentos básicos para las áreas urbanas pobres.
- Distribución de la tierra : La distribución irregular de la tierra es una causa importante de desigualdad social.

### **Grupo 5. Aspectos tecnológicos**

- Falta de tecnología : No se usa actualmente la tecnología apropiada o no se dispone de ella.
- Relevancia de la generación de tecnología : El desarrollo de nueva tecnología (a diferencia de otras medidas) podría incrementar significativamente la producción de alimentos o reducir la presión sobre los recursos naturales --o alcanzar ambas metas.
- Probabilidad de generar tecnología : Es posible generar nueva tecnología para resolver los problemas identificados.
- Límite de tiempo : La nueva tecnología se puede generar rápidamente.

### **Grupo 6. Aspectos de carácter institucional**

- Vigor institucional : Las instituciones relevantes cuentan con científicos que pueden colaborar en la investigación.

- Ventaja comparativa del CIAT : La investigación anterior, o actual, puede contribuir a solucionar los problemas.
- Carácter internacional : El agroecosistema se encuentra en un número suficiente de países.
- Disponibilidad de sitio : Es factible empezar a investigar pronto en puestos de investigación del CIAT o en otras localidades conocidas.

Luego se asignó, en relación con cada criterio, una calificación a cada conglomerado de sistemas agroecológicos en una escala de tres puntos, desde -1 a +1, en donde 0 equivale a neutralidad o irrelevancia. En lo que respecta al criterio de los aspectos tecnológicos, cuando no había una carencia real de tecnología apropiada (lo que merecía un puntaje de -1), se asignaba automáticamente un puntaje de 0 a los demás criterios, ya que pasaban a ser irrelevantes.

Los miembros de los grupos de trabajo hicieron esta valoración individualmente. Luego se sumaron los puntajes asignados a cada criterio para obtener un puntaje global de los seis conglomerados, y se calculó luego un puntaje modal. Donde surgieron diferencias fuertes de opinión, se discutieron los puntajes asignados a cada criterio hasta resolver el desacuerdo.

Se sumaron los puntajes modales dados a cada criterio. Luego, como se necesitaba asignar diferentes valores a estos puntajes --que concordaran con diversas opiniones emitidas sobre la importancia relativa del crecimiento, de la equidad y de la conservación de los recursos naturales-- para llegar así a una selección final, se agruparon el potencial económico y el de los recursos para obtener un solo indicador de crecimiento. Los problemas que plantean los recursos señalaron la importancia de la conservación como componente de cada sistema agroecológico. Un cuarto factor fue la combinación de los aspectos tecnológicos e institucionales para obtener un indicador de factibilidad.

**Resultados.** Los resultados aparecen en el Cuadro S4.8, que indica dónde la investigación sobre el manejo de los recursos se ajustaría mejor a los diversos objetivos del CIAT, y dónde es más factible de realizar. La asignación de diferentes valores a los criterios de crecimiento, equidad, conservación, y factibilidad tendría poco efecto en la clasificación de los agroecosistemas del Cuadro S4.8.

Partiendo de estos criterios de decisión y de estos puntajes, el grupo de trabajo seleccionó cuatro conglomerados.

El primer conglomerado (el número 6 en el Cuadro S4.8) se compone de las laderas estacionalmente húmedas de las regiones central y norte de los Andes, de América Central, y del Caribe, donde existen patrones similares de uso de la tierra. La producción intensa de café y cultivos anuales, en asociación con el pastoreo intensivo,

Cuadro S4.8. Calificación dada a los criterios de selección de los seis principales conglomerados de sistemas agroecológicos.

Conglomerado de sistemas agroecológicos	Crecimiento <sup>a</sup>	Equidad	Conservación	Factibilidad <sup>b</sup>	Total
1. Tierras bajas fértiles (agricultura intensa, generalmente caña)	2	1	-3	1	1
2. Zonas cafeteras de Brasil (agricultura mecanizada, altitud media)	2	2	-1	-1	2
3. Sabanas de suelos ácidos (pastoreo intenso y cultivo mecanizado)	4	1	0	6	11
4. Bosques marginales (pasturas y cultivos manuales)	3	2	4	2	11
5. Areas estacionamente secas (pasturas y cultivos)	2	4	2	3	11
6. Laderas (pasturas, café, cultivo manual)	3	2	4	6	15

a. Mezcla de potencial económico y de recursos.

b. Mezcla de aspectos tecnológicos y de carácter institucional.

es muy importante. La yuca y el frijol son cultivos básicos importantes en estas áreas, y el ganado es fuente común de leche y carne, y generador de ingreso en las fincas pequeñas y grandes.

El siguiente conglomerado (el número 4) consta de tierras bajas usadas para cultivos manuales y pastoreo intensivo, en un clima estacionalmente húmedo. Las porciones continentales y costeras de este patrón de uso de la tierra se combinaron para definir el área objetivo de la investigación. Este conglomerado posee extensiones muy grandes de pasturas degradadas, cuya rehabilitación ha sido, durante mucho tiempo, una preocupación del Programa de Pastos Tropicales del CIAT. En estas áreas, especialmente en Brasil, se cosechan grandes cantidades de arroz de secano y de yuca.

El tercer conglomerado (el número 3) consta de pastoreo intensivo o de agricultura mecanizada --o de ambas actividades-- en explotaciones de grandes dimensiones en las sabanas naturales de los Llanos y de los Cerrados. Para definir el área objetivo, se combinaron las clases de ambiente de las tierras bajas y de las de altitud media, que son estacionalmente húmedas, con este patrón de uso de la tierra. En los últimos

años ha cobrado importancia la investigación que hace el CIAT para intensificar estos sistemas de pastoreo intensivo incorporando en ellos la rotación de cultivos anuales.

El cuarto conglomerado (el número 5), que obtuvo un puntaje igual al de los dos anteriores, consta de tierras bajas estacionalmente secas con suelos de buena calidad, en las que predominan las pasturas y los cultivos manuales.

Las directivas del CIAT habían juzgado que tres conglomerados de sistemas agroecológicos serían lo más fácil de manejar dados los recursos proyectados; por tanto, se hizo necesario agregar otro criterio de decisión.

Se consideró entonces que la comunidad de ambiente sería el más apropiado. El conglomerado 6 (laderas que disponen de agua), el 4 (márgenes del bosque), y el 3 (sabanas) tienen en común los suelos ácidos de mala calidad y una época de desarrollo de los cultivos segura y con suficiente agua. En consecuencia, se decidió dar mayor prioridad a estos tres conglomerados (Figura S4.2).

No obstante, las zonas estacionalmente secas siguen siendo una preocupación importante para algunos programas del CIAT.

## **Conclusión**

Aunque fue imposible, empleando el método anterior, tener en cuenta todos los problemas de uso de la tierra de América Latina y del Caribe, UEA pudo identificar ciertos problemas de uso de la tierra que se han generalizado. En comparación con enfoques más subjetivos que permitan identificar áreas de investigación, nuestro enfoque resulta ventajoso ya sea para el desarrollo agrícola, para la protección ambiental, o para una combinación de estos dos objetivos. La zonificación agroecológica basada en los requerimientos fisiológicos de ciertos cultivos (FAO, 1978) no puede, por sí sola, contribuir a la comprensión de los problemas que plantea la sostenibilidad.

En forma similar, los estudios que establecen los usos ideales o potenciales de la tierra, y que no consideren las limitaciones impuestas por el uso real de ésta, son de utilidad limitada. Un sistema como el nuestro, que tiene en cuenta variables ambientales y sociales, proporciona los medios para seleccionar sistemáticamente las áreas de estudio, y para aplicar luego los resultados de la investigación a otros lugares y sistemas.

Puesto que define tentativamente las relaciones entre las actividades humanas y las condiciones ambientales --expresadas aquéllas como conglomerados de sistemas agroecológicos-- el trabajo de UEA proporciona una base para estudiar sistemáticamente los sistemas agrícolas y las consecuencias que su ejercicio tiene para el ambiente.

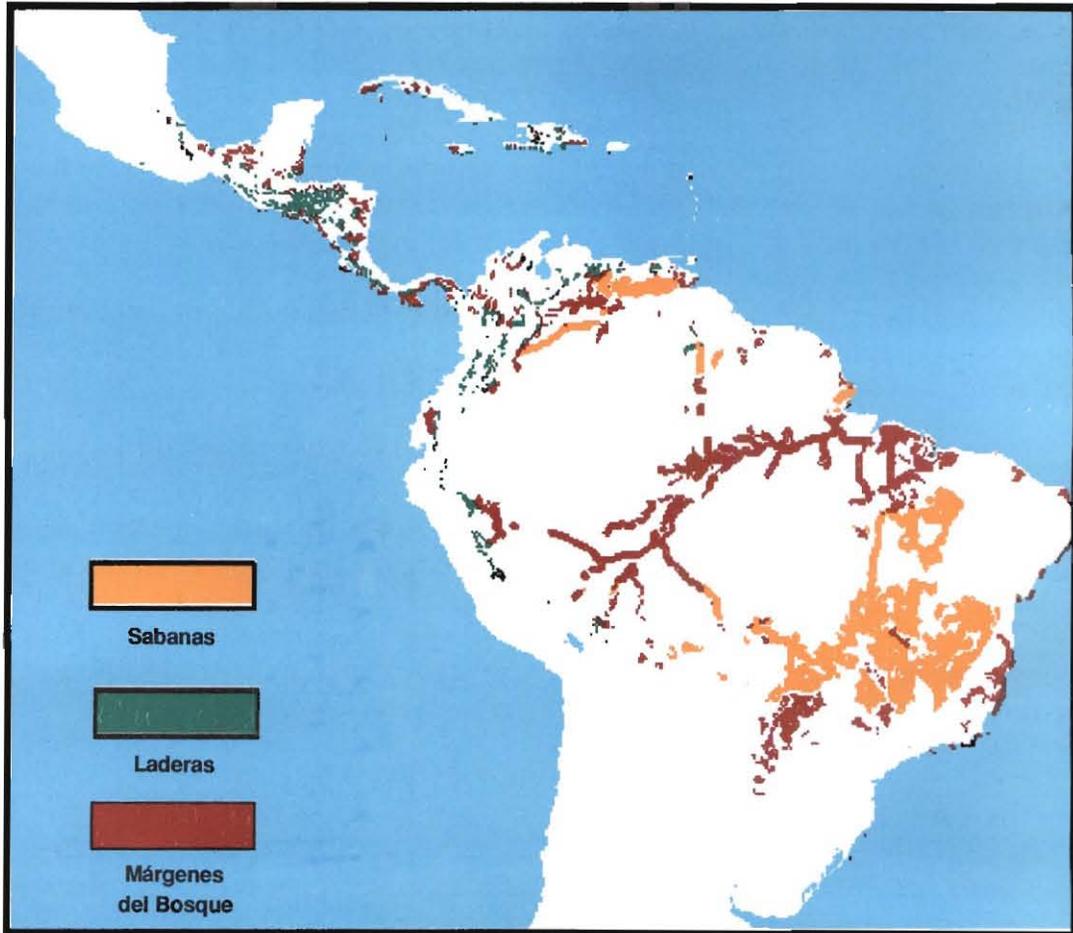


Figura S4.2. Sistemas agroecológicos escogidos para ser objeto de la investigación del CIAT.

### Bibliografía

- Banco Mundial. 1987. World development report 1987: World development medication. Washington, DC, E.U.
- Carter, S. E. 1986. Cassava micro-regions in parts of eastern Paraguay. Unidad de Estudios Agroecológicos (UEA) del CIAT, Cali, Colombia.
- CEE (Comité Estatal de Estadística). 1985. Anuario estadístico de Cuba. Cuba.
- CEGET (Centre d'Etudes de Geographie Tropicale). 1985. Atlas d'Haiti. CEGET-CNRS y Université de Bordeaux, Burdeos, Francia. 146 p.

- Cochrane, T. T.; Sánchez, L. G.; de Azevedo, L. G.; Porras, J. A. y Garver, C. L. 1985. Land in tropical America. CIAT y EMBRAPA-CPAC, Cali, Colombia. 3 vol.
- COPLANARH. 1974. Inventario nacional de tierras: Región del Lago de Maracaibo. Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas, Venezuela.
- Department of Agriculture. 1978. Cattle census 1978. Belice.
- Department of the Army, Engineer Agency for Resource Inventories. 1968. Inventario nacional de recursos AID/EARI. Atlas no. 8: Venezuela. Washington, DC, E.U.
- DIORN (Departamento de Inventario, Evaluación y Ordenamiento de Recursos Naturales). 1985. Características de los suelos de la República Dominicana. Secretaría de Estado de Agricultura, Santo Domingo, República Dominicana.
- Dirección de Estadística y Censo. 1981. Cuarto censo nacional agropecuario; vol. III: Características de las explotaciones agropecuarias. Panamá.
- Douglas, G. K. (ed.). 1984. Agricultural sustainability in a changing world order. Westview Press, Boulder, CO, E.U.
- Eastman, R. J. 1988. IDRISI: a grid based geographic analysis system; manual to version 2.24. Clark University, Worcester, MA, E.U.
- FAO. 1978. Report on the agroecological zones project; vol. 1: Methodology and results for Africa. World soil resources report 48. Roma, Italia.
- García, P. 1983. Investors' guide in agriculture. Agricultural Information Unit, Belmopan, Belice.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas). 1970. Divisão do Brasil em micro-regiões homogêneas 1968. Rio de Janeiro, Brasil.
- IBGE. 1980. Divisão territorial do Brasil. Rio de Janeiro, Brasil.
- IBGE. 1984. Noveno recenseamento geral de Brasil, 1980: Censo agropecuario. Rio de Janeiro, Brasil.
- IBGE. 1988. Anuario estatístico do Brasil, 1987. Rio de Janeiro, Brasil.
- IBGE. 1989. Produção agrícola municipal, 1987. Rio de Janeiro, Brasil.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1988. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá, Colombia.

- IGNTG (Instituto Geográfico Nacional 'Tommy Guardia'). 1988. Atlas nacional de la República de Panamá.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 1987. Segundo censo nacional agropecuario: Resultados provisionales. Ministerio de Planeamiento y Coordinación, Bolivia. 7 vol.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ecuador). 1979. Segundo censo agropecuario, 1974: Bolívar, Guayas, Los Ríos, Manabí, Pichincha. Cuadros 11, 19, 20, 23. Quito, Ecuador.
- INEC (Nicaragua). 1985. Anuario estadístico de Nicaragua, 1985. Managua, Nicaragua.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 1988. Síntesis geográfica, nomenclator y anexo cartográfico del Estado de Veracruz. Aguascalientes, México.
- Jenkin, R. N.; Rose Innes, R.; Dunsmore, J. R.; Walker, S. M.; Bischall, C. J. y Briggs, J. S. 1976. The agricultural development potential of the Belize Valley. Land resource study 24. Land Resources Division, Surbiton, Inglaterra.
- Landon, J. R. 1984. Booker tropical soil manual. Booker Agriculture International, Londres, Inglaterra.
- Linacre, E. J. 1977. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates using temperature data alone. *Agricultural Meteorology* 18:409-424.
- MAC (Ministerio de Agricultura y Cría). 1981. Anuario estadístico agropecuario, 1978. Dirección General de Planificación del Sector Agrícola, Dirección de Estadística, Caracas, Venezuela.
- MDA/USAID (Ministerio de Desarrollo Agropecuario y United States Agency for International Development). 1985. Perfil de área del distrito de los Santos. vol. IV. Dirección Nacional de Planificación Sectoral, Panamá.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1985. Censo agropecuario, 1985. Asunción, Paraguay.
- Ministerio de Economía, Dirección General de Estadística. 1982. Tercer censo nacional agropecuario, 1979. Guatemala.
- Ministerio de Hacienda. 1985. Anuario estadístico del Paraguay, 1984. Dirección General de Estadística y Censos. Asunción, Paraguay.
- Ministry of Agriculture. 1987. Jamaica: Country environmental profile. Natural Resources Conservation Division. Kingston, Jamaica.

- Ministry of Natural Resources, Agricultural Information Unit. 1985. Potential crops for Belice. Belice. (Manuscrito.)
- OEA (Organización de los Estados Americanos). 1978. República de Nicaragua: Programa de descentralización y desarrollo de la región del Pacífico. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, DC, E.U.
- Oficina Nacional de Estadística. 1971. Sexto censo nacional agropecuario de la República Dominicana. 2a ed. República Dominicana.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). 1968. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona del Río Tambo-Gran Pajonal. Perú.
- ONERN. 1972. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de los ríos Inambarí y Madre de Dios. Perú.
- Riehl, M. 1979. Climate and weather in the tropics. Academic Press, Londres, Inglaterra. p. 67.
- SPP (Secretaría de Programación y Planeación). 1981a. Síntesis geográfica de Jalisco. México.
- SPP. 1981b. Síntesis geográfica de Nayarit. México.
- SPP. 1982. Manual de estadísticas básicas del Estado de Oaxaca. SPP y Estado de Oaxaca, México. 3 vol.
- The Times Atlas of the World. 1985. Times Books, Londres, Inglaterra.
- Torres, E. H.; Granados, F. J. y Mendez Acero, J. A. 1977. Estudio agrológico detallado de la estación experimental de Bramon. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Departamento de Agrología, Maracay, Venezuela.

### **Referencias cartográficas en medio electrónico**

- AMERICA DEL SUR (Bolivia). 1:250,000. Serie H531. Instituto Geográfico Militar, Bolivia. (Varias páginas.)
- Atlas de Cuba. 1978. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana, Cuba.
- Atlas nacional de Cuba. 1970. Academia de Ciencias de Cuba y Academia de Ciencias de la URSS, La Habana, Cuba.

Atlas regional andino. 1982. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

Atlas de Colombia. 1977. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

BELICE. Mapa Físico Político, vías de comunicación y topografía. 1985. 1:250,000. Transversal Mercator Cook Hammond y Hell London. Land and Survey Department, Belice. 2 hojas.

BRITISH HONDURAS. Provisional Soil Map. 1958. 1:250,000. A.C.S. Wright et al. Based on data from the British Honduras Survey, Forestry and Geological Departments.

BRITISH HONDURAS. Natural Vegetation Map. 1958. 1:250,000. A.C.S. Wright et al. Based on data from the British Honduras Survey, Forestry and Geological Departments.

CIAT. 1984. Paraguay: Región Este, asociaciones mayores de vegetación, áreas intensamente cultivadas y pastos. Unidad de Estudios Agroecológicos (UAE) del CIAT, Cali, Colombia. (Mapa no publicado.)

División Político-Administrativa. 1970. 1:500,000. Mercator Project. Copia heliográfica. Sección de Cartografía, Dirección de Estadística y Censo, Panamá.

ECUADOR. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG). [Mapas]. 1:200,000. Quito, Ecuador:

<b>Fecha</b>	<b>Mapa</b>	<b>Título</b>
1980	Portoviejo	Carta de Suelos
1982	Bahía de Caráquez	Mapa morfo-pedológico
1984	Quinindé	Mapa morfo-pedológico
1983	Santo Domingo	Mapa morfo-pedológico
1983	Quevedo	Mapa morfo-pedológico
1983	Muisne	Mapa morfo-pedológico
1984	Guayaquil	Mapa morfo-pedológico
1984	Babahoyo	Mapa morfo-pedológico
1983	Quito	Mapa de aptitudes agrícolas

GRITA-TORBES. Estudio de aguas y tierras. 1968. 1:100,000. Corporación de Los Andes, Centro Interamericano para el Desarrollo de Suelos y Aguas (CIDIAT), Caracas, Venezuela.

Levantamento de Reconhecimento Dos Solos do Paraná. 1981. 1:600,000. EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, Rio de Janeiro, Brasil.

- Mapa: Distribución de la Población Urbana y Rural, República Dominicana. 1966. 1:250,000. Proj. Transverse Mercator. Robert W. Fox, OAS, Santo Domingo.
- Mapa: Uso Actual de la Tierra y Tipos de Vegetación, República Dominicana. 1966. 1:250,000. Proj. Transverse Mercator. Peter H. Freeman, OAS, Santo Domingo.
- Mapa de Capacidad Productiva de la Tierra. 1980. 1:500,000. IGN, INAFOR y SGCNPE, Guatemala. 4 p.
- Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra, Bolivia. 1:1,000,000. Programa de Satélite Tecnológico de Recursos Naturales. ERTS, Bolivia.
- Mapa de Cuencas de la República de Guatemala. 1978. Instituto Geográfico Nacional, Guatemala.
- Mapa de Solos do Brasil. 1981. 1:5,000,000. Servicio Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, Brasil.
- Mapa de Suelos. 1983. 1:1,500,000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.
- Mapa de Unidades de Recursos para Planificación. 1980. 1:250,000. Departamento de Inventario, Evaluación y Ordenamiento de Recursos Naturales (Programa SIEDRA), Santo Domingo, República Dominicana.
- Mapa de Zonas de Vida a Nivel de Reconocimiento. 1983. 1:600,000. Instituto Nacional Forestal e Instituto Geográfico Nacional, Guatemala.
- Mapa Pluviométrico de Imágenes de Satélite. 1984. 1:250,000. Institute for Applied Geoscience, Alemania.
- Mapa Topográfico General de Santiago. 1979. 1:250,000. Santiago NE19-1. Proyecto de Operaciones Conjuntas Transverse Mercator. Instituto Geográfico Universitario, Santo Domingo, República Dominicana.
- MEXICO. Carta Edafológica. 1981. 1:1,000,000. Lambert Cónica Conforme. Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México. 8 pliegos.
- MEXICO. Carta Fisiográfica. 1981. 1:1,000,000. Lambert Cónica Conforme. Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México. 8 pliegos.
- MEXICO. Carta Geológica. 1981. 1:1,000,000. Lambert Cónica Conforme. Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México. 8 pliegos.

- MEXICO. Carta Topográfica. 1982. 1:1.000.000. Lambert Cónica Conforme. Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México. 8 pliegos.
- NICARAGUA. Uso de la Tierra. 1965. 1:1,000,000. AID Resources Inventory Center, Corps of Engineers, Washington, DC, E.U.
- NICARAGUA. Configuración de la Superficie. 1965. 1:1,000,000. AID Resources Inventory Center, Corps of Engineers, Washington, DC, E.U.
- NICARAGUA. Vegetación. 1965. 1:1,000,000. AID Resources Inventory Center, Corps of Engineers, Washington, DC, E.U.
- NICARAGUA. Suelos, Ingeniería. 1965. AID Resources Inventory Center, Corps of Engineers, Washington, DC, E.U.
- NICARAGUA. Suelos, Agrícolas. 1965. AID Resources Inventory Center, Corps of Engineers, Washington, DC, E.U.
- NICARAGUA. Mapa de Suelo de Fases de Subgrupos Taxonómicos. 1978. 1:500,000. Proyecto CRIES. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Managua, Nicaragua. (Mapa heliográfico.)
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 1984. TGP-006D Computer Compatible Data Tape. Boulder, CO, E.U.
- Operational Navigation Charts. 1:1,000,000. Defense Mapping Agency, Aerospace Centre, St. Louis, Missouri. Varias páginas y ediciones.
- PARAGUAY. Mapa Nacional. 1979. 1:200,000. Sheet SG21-3, San Estanislao. Instituto Geográfico Militar, Asunción, Paraguay.
- PARAGUAY. Mapa Nacional. 1980. 1:200,000. Sheet SF21-15, Lima. Instituto Geográfico Militar, Asunción, Paraguay.
- PARAGUAY. 1980. 1:1,000,000. 3a. ed. Instituto Geográfico Militar, Asunción, Paraguay.
- Projeto Radambrasil, Amazonia Legal. 1983. 1:2,500,000. Ministerio das Minas e Energía, Brasil.
- Projeto Radambrasil, Mapa Exploratorio de Solos. 1974-1981. Pliego 1. Ministerio das Minas e Energía, Rio de Janeiro, Brasil.
- Soil Map of the World. 1972. vol. III: Mexico and Central America. 1:5,000,000. FAO/UNESCO, París, Francia.

Soil Map of the World. 1971. vol. IV: South America. FAO/UNESCO, Paris, Francia.

UNEP/GEMS/GRID. 1988. FAO soils map of the world at 30 seconds resolution.  
Computer compatible data tape. United Nations Environment Programme, Global  
Resource Information Database, Ginebra, Suiza.

World Atlas of Agriculture. 1969. 1:2,500,000. Istituto Geografico de Agostini, S.p.A.,  
Novara, Italia.