

## ANALISIS Y COMENTARIOS

# TECNOLOGIAS PARA CONSERVACION Y PRODUCTIVIDAD: SUSTITUTAS O COMPLEMENTARIAS <sup>1</sup>

*Gustavo Sain* <sup>2</sup>

### RESUMEN

**Tecnologías para conservación y productividad: sustitutas o complementarias.** El aumento de la productividad y la conservación de los recursos se anuncian como objetivos deseables de la investigación agrícola pero frecuentemente se los presenta como sustitutos. Alcanzar uno se debe hacer necesariamente a costa de sacrificar el otro. En este trabajo se presenta la idea de que ambos objetivos pueden ser complementarios entre si a través de la generación y transferencia de tecnologías que simultáneamente aumenten la productividad y conserven los recursos naturales (APCORE). Esta idea se ilustra con el caso del desarrollo y adopción de la labranza de conservación con manejo de residuos. Finalmente se presentan algunas características de costos y beneficios de tecnologías que se encuentran desarrolladas o en etapas avanzadas de desarrollo en la región.

### ABSTRACT

**Technologies for conservation and productivity: substitives or complementaries.** The increase of agricultural productivity and the conservation of natural resources are announced as desirable objectives of agricultural research. They are, however, frequently presented as substitutes. Reaching one it should make necessarily to coast of sacrificing the other. This work presents the idea that both objectives could be complementary to each other through the development and transfer of technologies that simultaneously enhance productivity and conserve resources (PERC technologies). This idea is illustrated with the case of conservation tillage with crop residue managements. Finally the work lists the costs and benefits of technologies that are available or that are in advanced stages of development in the region.

---



---

### INTRODUCCION

Para lograr una agricultura sostenible se debe afrontar un conjunto complejo de procesos interrelacionados. En el largo plazo, el desarrollo económico y el aumento de ingresos proporcionará la base para incrementar las inversiones en la conservación de recursos. Sin embargo, dada la situación económica actual en Centroamérica, es probable que en los próximos años se intensifique la presión sobre el uso y deterioro de los recursos naturales de la región.

Las causas del problema del deterioro del medio ambiente son profundas y demasiado complejas como para ser detalladas aquí. Sin embargo, se debe destacar la estrecha relación existente entre el deterioro de los

recursos, la pobreza y el crecimiento de la población. De estos tres factores, la pobreza representa un papel central en la determinación de los otros dos. La experiencia histórica ha mostrado que la reducción de los niveles de pobreza contribuye significativamente a disminuir la presión sobre los recursos naturales y la tasa del crecimiento de la población y, por lo tanto, a reducir la presión sobre los recursos naturales.

Para contrarrestar los efectos de estos factores en la investigación agrícola se postulan dos objetivos generales: aumentar la productividad y conservar los recursos naturales. A menudo, sin embargo, estos objetivos se plantean como competitivos entre si, dando lugar a nuevas tecnologías dirigidas a aumentar la productividad (tecnologías AP) a costa del deterioro de los recursos y,

---

<sup>1</sup> Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Honduras, América Central. 26 de marzo - 1 de abril, 1995.

<sup>2</sup> Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo. Las opiniones vertidas en el trabajo no corresponden necesariamente a aquellas del CIMMYT.

viceversa, nuevas tecnologías dirigidas a conservar los recursos (tecnologías CORE) a costa de disminuir la productividad. De esta manera, cuando se trata de seleccionar tecnologías, se considera que habrá que hacer ciertos sacrificios (trade-offs) con respecto a los objetivos de la investigación, dependiendo de los recursos que se deseen conservar.

La importancia creciente de la conservación del medio ambiente ha llevado a que se piense cada vez más en términos de tecnologías que simultáneamente eleven la productividad del sistema y conserven los recursos tales como suelo, agua y nutrientes. A este tipo de tecnologías se las ha denominado tecnologías que aumentan la productividad y conservan los recursos (tecnologías APCORE). Una premisa fundamental que gobierna la generación de este tipo de tecnologías es que los objetivos de aumentar la productividad y conservar la base de recursos no se pueden considerar en forma separada en el sistema de la finca.

### Características de las tecnologías

De acuerdo a sus requerimientos o modificaciones al sistema de finca, las tecnologías se pueden subdividir en cuatro categorías:

- A- Intensificación y reorganización del uso de los recursos (tierra, mano de obra e insumos) ya existentes en la finca, incluyendo el manejo intensivo de la producción animal y forestal.
- B- Introducción de nuevas variedades o nuevos insumos.
- C- Diversificación del sistema de producción mediante la introducción de nuevas especies vegetales o animales.
- D- Cambios físicos o alguna construcción en la finca.

En el Cuadro 1 se presentan algunos ejemplos de tecnologías desarrolladas para la conservación de los recursos naturales que se usan en la actualidad o que están en proceso de desarrollo; no se trata de una lista completa, pues sólo se incluyen los ejemplos más relevantes. Estas tecnologías abordan problemas relacionados con la conservación de suelos, nutrientes y humedad, la reducción del uso de productos químicos, la biodiversidad y la conservación forestal.

Una de las características más importantes que los agricultores juzgan de la tecnología en general es el tiempo que transcurre desde el pago de los costos hasta que se perciben los beneficios. Aunque la distribución de los costos y beneficios a través del tiempo varía considerablemente de una tecnología a otra, muchas

tecnologías tipo CORE requieren de costos inmediatos y tardan algunos años en producir beneficios. Por el contrario, las tecnologías tipo AP se caracterizan por tener un retorno a la inversión relativamente rápido. Las tecnologías APCORE combinan los efectos de ambas tecnologías acelerando la obtención de los beneficios (Figura 1).

Cuando se consideran los usos alternativos de las tecnologías dirigidas a aumentar la productividad (AP), estas pueden comportarse simultáneamente como conservadoras de recursos (CORE), y viceversa, dependiendo de las circunstancias. El caso de la difusión de la labranza de conservación en Guaymango, El Salvador, provee un ejemplo de interacción entre ambos tipos de tecnologías. En la Figura 2 se describe la asignación de una cantidad de recurso, R (rastreo del sistema), entre dos usos competitivos: alimento para el ganado y mantillo para protección del suelo. RoRo representa la curva de transformación del residuo para un nivel inicial de productividad del sistema de cultivo. La pendiente de esta curva se denomina la tasa marginal de sustitución (TMS) entre alimento y mantillo. Esta tasa mide el costo de oportunidad, en término de alimento para el ganado, de usar una unidad de rastreo como mantillo (La curvatura de la transformación entre alimento para el ganado y mantillo de una cantidad dada de rastreo corresponde al hecho de que existe una dimensión temporal implícita en la transformación. Por ejemplo, 1kg de rastreo para alimento hoy se transforma en menos de 1kg de mantillo mañana debido a los efectos de la degradación natural).

Dependiendo de las circunstancias internas y externas prevalecientes, un agricultor se puede situar en diferentes posiciones a lo largo de esta curva. Por ejemplo, puede usar todo el rastreo como alimento, si los precios son convenientes o, por el contrario, puede usar todo como mantillo si le da una gran importancia a la conservación del suelo. Si  $S^*$  representa la cantidad mínima necesaria para un control efectivo de la pérdida de suelo (La cantidad de rastreo  $OS^*$  necesaria para el control efectivo de la erosión es específica para cada sitio y depender de circunstancias que usualmente no son controladas por el agricultor, tales como pendiente, cantidad e intensidad de las lluvias y grado de erodibilidad del suelo), entonces un agricultor situado en el punto B estar usando la cantidad de rastreo OC como mantillo y OA como alimento para el ganado. Dado que la cantidad OC es menor que el mínimo  $S^*$ , el suelo se estaría erosionando.

Una forma de revertir esta situación sería modificar las circunstancias de los agricultores de manera que se corriera a una posición de la curva de transfor-

**Cuadro 1.** Características de costos y beneficios de algunas tecnologías de conservación de los recursos naturales.

Tipo de tecnología	Beneficios <sup>1/</sup>	Costos					
		CO	E	MO	IE	I	VP
<b>A. Manejo de los recursos existentes</b>							
1. Cambios en manejo o cantidades de fertilizantes químicos	N Q		X	X			
2. Cambios en fechas de siembra para el control de plagas o malezas	Q	X			X	X	
3. Labranza de conservación o labranza cero	S, N, H		X	X			
4. Manejo integrado de plagas	Q	X	X	X			
5. Manejo intensivo de animales	S, N	X		X			
6. Manejo forestal más intensivo	S, N, F	X					X
7. Rotación de cultivos y pastizales	S,N,H,Q	X		X			X
8. Cultivos intercalados	S, Q, B						
9. Conservación de germoplasma <i>in situ</i>	B						X
10. Sistemas de riego que atomizan el agua	S, H				X		
<b>B. Nuevas variedades o insumos</b>							
1. Variedades resistentes a herbicidas	S, Q				X	X	
2. Variedades resistentes a insectos	Q					X	
3. Plaguicidas y herbicidas menos tóxicos	Q, B					X	
4. Control biológico de plagas	Q					X	
5. Variedades tolerantes al estrés hídrico	H					X	
<b>C. Nuevas especies de plantas</b>							
1. Cultivos de cobertura	S,N,H,Q	X		X		X	X
2. Cultivos forestales	S, N, H	X		X		X	
3. Cultivos en callejones	S, N	X		X		X	X
<b>D. Cambio físico o construcción</b>							
1. Contornos, camellones, y terrazas	S, N, H	X		X			
2. Estructura para captar agua y acequias de infiltración	S, H	X		X			

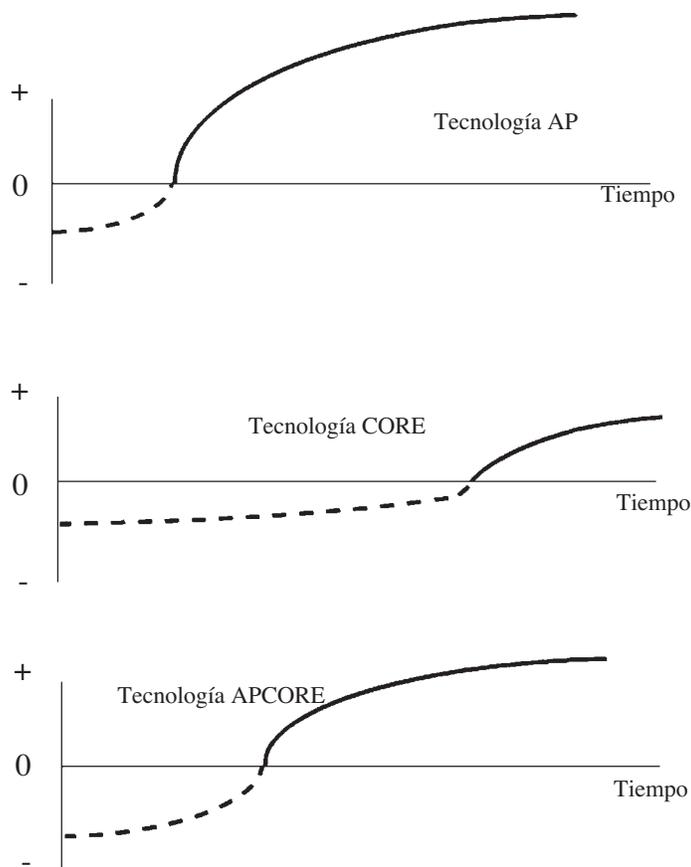
<sup>1/</sup> S= conservación de suelo; N= conservación de nutrimentos; H= conservación de agua en el suelo; Q= reducción de productos químicos; B= biodiversidad; F= conservación forestal; CO= Conocimientos y Organización; E= Entrenamiento; MO= Mano de Obra; IE= Insumos externos; I= Investigación; VP= Valor de la Producción.  
Fuente: Tripp y Sain, 1994.

mación situada a la derecha del punto B, de manera que use como mantillo una cantidad de residuo mayor que el mínimo S\*. Sin embargo, este camino es en general difícil en el corto plazo. Podría implicar, por ejemplo, modificar la percepción de los agricultores acerca del valor de la pérdida de suelo.

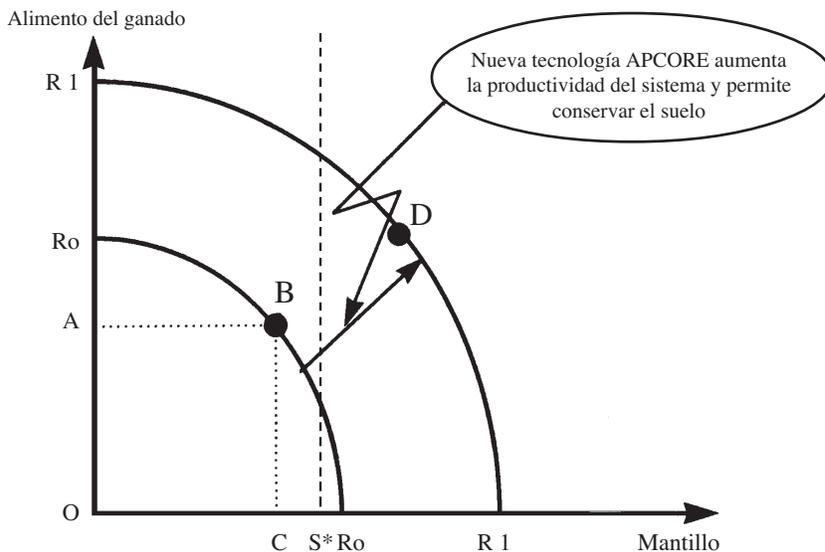
Una segunda vía de alcanzar el requerimiento mínimo S\* sería una nueva tecnología que eleve la productividad del sistema. Este cambio se ilustra en la Figura 2 como un desplazamiento de la curva de transformación hacia afuera hasta alcanzar la curva

R1R1. Aún sin ningún cambio en las circunstancias, los agricultores se moverían a un punto como el D donde el sistema permite cumplir el mínimo requerimiento S\*. De esta manera, una tecnología que aumenta la productividad permite simultáneamente alcanzar un objetivo de conservación del suelo.

En el caso de Guaymango, el equilibrio se logró alcanzar mediante una combinación de tecnologías dirigidas a aumentar la productividad (híbridos, fertilizantes y plaguicidas) y otra dirigida a conservar el suelo (manejo de los rastrojos). De esta manera el paquete



**Fig. 1.** Flujos hipotéticos de beneficios netos de tres tipos de tecnologías.



**Fig. 2.** Productividad del Sistema y Asignación del rastrojo entre dos usos alternativos.

Fuente: Sain y Barreto, 1995.

combinado se comporta como una tecnología APCORE (Choto y Sain, 1993; Sain y Barreto, 1994). Sin embargo, existen tecnologías que conllevan el aumento de la productividad del sistema y la conservación de los recursos en sí mismas (APCORE) como lo es la inserción de leguminosas de cobertura. Un ejemplo del doble accionar de este tipo de tecnologías lo provee el sistema de aboneras en el Litoral Atlántico de Honduras (Buckles *et al.*, 1992). La Figura 3 muestra el efecto de introducir la Mucuna sobre la productividad del sistema. No solo hay un aumento en la productividad promedio sino que también reduce considerablemente el riesgo.

En general, existen condiciones económicas e institucionales que muchas veces imposibilitan que se alcance un uso racional de los recursos aún cuando los niveles de productividad del sistema se eleven considerablemente.

Algunas de estas condiciones son:

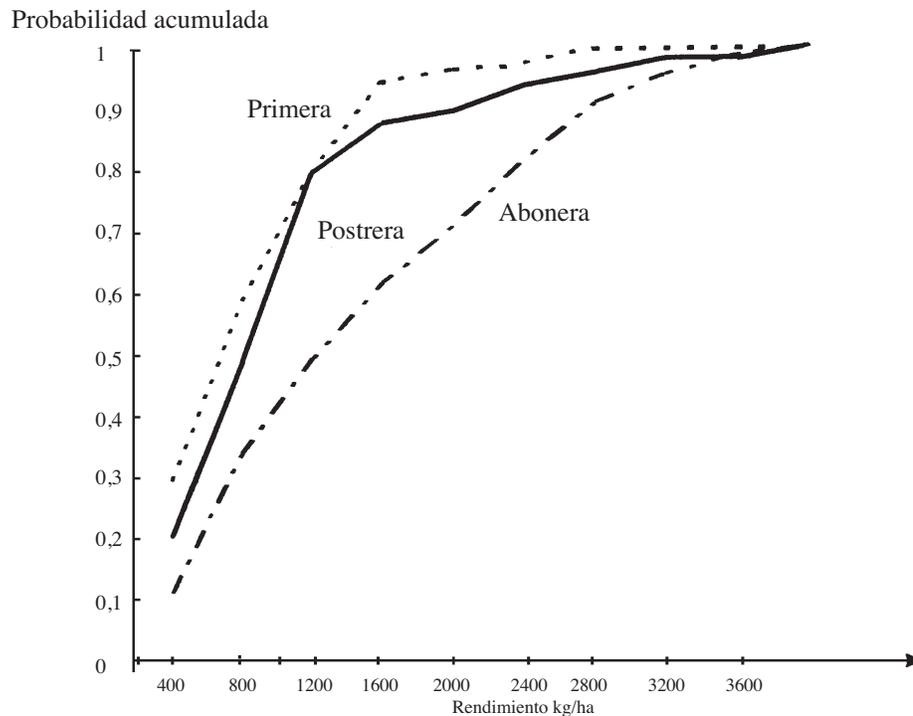
- La presencia de distorsiones (impuestos y subsidios) en los mercados de productos e insumos. Por ejemplo, subsidios a los fertilizantes y otros agroquímicos

han llevado al abandono de la práctica de la abonera en algunas comunidades de Honduras (Flores, 1993; Matute y Abrego, 1995).

- Fallas de los mercados de algunos insumos y productos. Principalmente por problemas institucionales. Por ejemplo, el pastoreo libre de los rastrojos en algunas áreas de El Salvador lleva al agotamiento del rastrojo dejando al agricultor sin posibilidad de usarlo para proteger el suelo (Sain y Barreto, 1995).
- Fallas (no existencia) de mercados de los recursos naturales.
- Costos de transacción elevados.

### Los costos relacionados con la generación y difusión de tecnologías de conservación

Aunque ya existe un acervo importante de conocimientos acerca de las tecnologías que fomentan una agricultura sostenible, con frecuencia los costos de introducirlas en los sistemas son elevados. Algunos de



**Fig. 3.** Distribución acumulativa de la probabilidad de los rendimientos de maíz sembrado bajo tres sistemas. Litoral Atlántico de Honduras.

Fuente: Sain y Buckles, 1994.

estos costos son cubiertos por el agricultor (mano de obra adicional), mientras que otros probablemente son sufragados por la sociedad en general (más investigación). Sin embargo, en muchos casos, dichos costos se distribuyen de distintas formas.

La mayor parte de las tecnologías agrícolas tiene que ser adaptada a las condiciones locales, y esto es especialmente cierto en el caso de las tecnologías de conservación. En consecuencia, la investigación a nivel local y la extensión, así como las inversiones en la experimentación realizadas por la comunidad y los agricultores, son un componente importante de los costos de generar estas tecnologías.

Una dificultad adicional es que, aunque problemas como la erosión y la deforestación son graves, existe muy poca información que ayude a asignar un valor económico preciso a estos procesos. Asimismo, resulta difícil atribuir los costos relativos de la degradación de recursos a los distintos sectores de la sociedad y, por lo tanto, es muy difícil saber cómo se deben repartir los costos de revertir esos procesos.

En el Cuadro 1, se presentan, a modo de ejemplos, las principales clases de costos que suelen surgir en el caso de las tecnologías orientadas a mejorar la productividad y proteger el medio ambiente. El tipo y el monto de estos costos varían dependiendo del tipo de tecnología que se trate. Una tecnología que requiera de un solo tipo importante de costos (por ejemplo, la mano de obra para construir terrazas) no necesariamente tiene mejores probabilidades de ser aceptada, que otra que exige varios tipos de costos, pero de menor magnitud.

Los costos en que pueden incurrir los agricultores cuando adoptan nuevas tecnologías se pueden subclasificar en seis tipos principales:

1. *Conocimientos y organización.* Algunas tecnologías requieren de bastante esfuerzo por parte del agricultor para combinar sus conocimientos con observaciones intensivas, a fin de adaptarlas a su sistema de finca (como en el caso del manejo de cultivo en callejones). Además, algunas tecnologías requieren que los agricultores se organicen dentro de sus comunidades, especialmente cuando se trata del manejo de un recurso común.
2. *Capacitación.* Para algunas tecnologías es necesario que los agricultores hayan alcanzado cierto nivel en el sistema educativo formal, o que sean adiestrados a través de actividades de extensión pública o privada (por ejemplo, capacitación en el manejo integrado de plagas).
3. *Mano de obra.* Muchas tecnologías de conservación necesitan una inversión adicional en mano de obra; por lo tanto, su viabilidad dependerá de su costo de oportunidad. Esta puede variar de una zona a otra y de un país a otro y, en consecuencia, una tecnología que es aceptable en un lugar puede ser menos atractiva en otro.
4. *Insumos.* Pese a la tendencia general a reducir la cantidad de insumos comprados que se requieren para las tecnologías de conservación, con algunas de ellas es necesario comprar productos químicos, o alquilar o comprar maquinaria nueva. A veces es necesario importar estos insumos en cantidades suficientes por lo menos al principio (por ejemplo, germoplasma para la implantación de barreras vivas).
5. *Investigación.* Algunas tecnologías requieren de bastante investigación especializada. Es necesario contar con políticas que dirijan estas investigaciones (ya sean públicas o privadas), de manera que se dirijan a los sistemas agrícolas correctos según los objetivos nacionales de desarrollo.
6. *Reducción de la producción.* Dado que ciertas tecnologías modifican la secuencia de cultivos existentes con especies de menor valor económico, es probable que inicialmente hagan disminuir el valor de la producción total (por ejemplo, cuando en una rotación se sustituye un grano por un abono verde).

### La adopción de nuevas tecnologías.

Algunas razones importantes por las cuales los agricultores no siempre invierten en la adopción de tecnologías destinadas a la conservación de sus recursos son:

- a. En general, cuanto más altos sean los costos iniciales y/o más bajos sean los beneficios inmediatos, y cuanto mayor sea el tiempo transcurrido entre ambos, menor será la probabilidad de que la tecnología sea aceptada, especialmente por agricultores de escasos recursos.
- b. La conveniencia para el productor de la tecnología depende de altas tasas de descuento que predominan especialmente entre los pequeños agricultores. Un horizonte de planificación demasiado corto es un caso especial donde la tasa de descuento es lo suficientemente alta como para que las consecuencias económicas tengan un valor despreciable para el agricultor y su familia.

- c. Aún cuando los beneficios descontados se comparen favorablemente con la inversión requerida, los agricultores podrían no estar dispuestos a invertir en la tecnología a menos que reciban pruebas eficientes de que producirá beneficios a largo plazo. Es decir que los agricultores exigirán un valor adicional por la incertidumbre que predomina cuando los beneficios son esperados para dentro de 10 o 15 años.
- d. Los agricultores tienen que comparar los beneficios de largo plazo generados por las inversiones en mejoras a los recursos (como el control de erosión), con aquellos producidos por inversiones destinadas a aumentar la productividad a corto plazo, aún cuando éstas pongan los recursos naturales en peligro. Esta comparación es importante en general, pero lo es aún más en el caso de los agricultores más pobres, porque en muchos casos sus recursos son los que corren mayor peligro.
- e. Gran parte de los costos provocados por el deterioro de los recursos no afecta a los productores en forma directa, sino a otros sectores de la sociedad. Como por ejemplo, el caso de la contaminación del agua para consumo humano en las ciudades o la sedimentación de las represas para la generación de energía eléctrica.
- f. La presencia de políticas inefectivas promulgadas sin información precisa sobre las consecuencias económicas y sociales de las distintas maneras de solucionar o aliviar los problemas reales.
- g. La falta de derechos de propiedad bien definidos sobre algunos recursos naturales que en muchos casos lleva a la sobre-explotación del recurso. Por ejemplo, en aquellos casos donde hay libre acceso al pastoreo de rastrojos o pastos.

### **Reflexiones finales: El proceso de generación de tecnologías agrícolas para la agricultura sostenible**

No es razonable esperar que la tecnología por sí sola solucione el problema de la conservación de recursos. En la mayoría de los casos, la adopción de tecnologías de conservación se facilita cuando es apoyada por cambios simultáneos en las políticas económicas e institucionales.

Muchos países han registrado éxitos notables con tecnologías que contribuyen tanto a la conservación de recursos como al incremento de la productividad, tales como la labranza de conservación, el manejo integrado de

plagas y la inclusión de leguminosas intercaladas en el sistema de producción. No obstante ello, no hay soluciones mágicas, ya que el desarrollo de todas esas tecnologías requiere de tiempo y recursos considerables que siempre implican un balance entre costos y beneficios.

Las tecnologías destinadas a aumentar la productividad (AP) y aquellas destinadas a conservar los recursos (CORE) pueden comportarse en forma complementaria o competitiva entre sí dependiendo más de circunstancias exógenas que de sus características inherentes. Aunque se debe reconocer que siempre existirán sacrificios, la dicotomía entre ambos tipos de tecnologías es relativa. Si existen condiciones para la generación y difusión de tecnologías que combinen ambos efectos (APCORE), éstas deberían gozar de una alta prioridad en aquellas áreas donde la conservación de los recursos y el aumento de productividad son importantes.

Se debe tener en cuenta, además, que existen límites biofísicos relacionados con el sistema agropecuario, los que imponen restricciones a ciertos parámetros de las tecnologías por ser generadas (variación en el potencial de las tierras de cultivo). En general, cuanto más pobre sea el ambiente de producción (por ejemplo, laderas en zonas secas), mayor será el costo de la generación de tecnología y menor será el aumento absoluto de rendimiento que se puede esperar. Así, al establecer las prioridades para la generación de tecnologías, es indispensable considerar las tecnologías específicas que se necesitan en los distintos ambientes e identificar las limitaciones que éstos imponen. Para esto se requiere de una zonificación agroclimática adecuada.

Por último se debe recordar que la generación de tecnología es un proceso continuo en el sentido que no existen respuestas o soluciones que sean definitivas ni perfectas. La introducción de una tecnología destinada a solucionar un determinado problema a menudo provoca nuevos problemas que requieren de otras soluciones.

## **AGRADECIMIENTO**

El autor desea agradecer a M. Jauregui, O. Erenstein y H. Barreto por sus comentarios y sugerencias realizados a una versión preliminar de este trabajo.

## **LITERATURA CITADA**

- BUCKLES, D.; PONCE, I.; SAIN, G.; MEDINA, G. 1992. Tierra cobarde se vuelve valiente. Uso y difusión del frijol de abono (*Mucuna Deeringianum*) en las laderas del Litoral Atlántico de Honduras. México D.F. CIMMYT.

- CHOTO, C.; SAIN, G. 1993. El mercado de rastrojo y sus implicaciones para la adopción de la labranza de conservación. *In*: Bolaños, J., G. Sain, R. Urbina y H. Barreto (Editores). Síntesis de resultados experimentales del PRM 1992. Vol. 4 (1993), CIMMYT-PRM, Guatemala.
- FLORES, M. 1993. Tienen razón los agricultores de usar el frijol de abono? La contribución de esta especie a la economía de algunos grupos campesinos de la Costa Norte de Honduras. *In*: D. Buckles (Ed.) Gorras y Sombreros: Caminos hacia la colaboración entre técnicos y campesinos. México, D.F.: CIMMYT.
- MATUTE, REINA; ABREGO, R. 1995. Análisis de la desadopción del sistema de abonera en Esparta y Arizona del Litoral Atlántico de Honduras. Trabajo presentado en la XLI Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA). Tegucigalpa, Honduras, 26 de Marzo al 1 de Abril de 1995.
- SAIN, G.; BARRETO, H. 1995. The adoption of soil conservation technology in El Salvador: linking productivity and conservation. *Journal of Soil and Water Conservation* (por publicarse).
- SAIN, G.; BUCKLES, D. 1994. Farm level economic implications of the adoption of the abonera system. Borrador para discusión, Programa de economía, CIMMYT, México D.F.
- TRIPP, R.; SAIN, G. 1994. Tecnología y conservación de los recursos naturales. *In*: Sain, G. R. Tripp y E. Brenes (Editores) Desafíos presentes y futuros del medio ambiente y la productividad en la agroempresa centroamericana. INCAE, San José, Costa Rica.