

**Impacto de la Adopción de Híbridos de *Brachiarias*
Resistentes al Salivazo Colombia, México y Centroamérica**

Libardo Rivas* y Federico Holmann**

Agosto 2004

CIAT

ILRI

* Economista agrícola, Unidad de Impacto. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia
(L.Rivas@cgiar.org)

** Economista ganadero, CIAT e Instituto Internacional de Investigaciones en ganadería (ILRI). Cali, Colombia
(F.Holmann@cgiar.org)

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Común Para Productos Básicos (CFC, por sus siglas en inglés) y al Gobierno de Colombia a través del convenio CIAT-MADR, por el financiamiento para la elaboración del presente estudio.

Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Livestock Research Institute
E-mail: f.holmann@cgiar.org

Edición: Alberto Ramírez P.

Agosto de 2004

Rivas Rios, Libardo.

Impacto potencial de la adopción de nuevos híbridos de Brachiarias resistentes al salivazo en Colombia, México y Centroamérica / Federico Holmann, Libardo Rivas -- Cali, CO : Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); International Livestock Research Institute (ILRI), 2004.

28 p. -- (Documento de trabajo No. 195)

Descriptores AGROVOC:

1. Brachiaria. 2. Híbridos. 3. Resistencia a las plagas. 4. Cercopidae. 5. Rhizoctonia. 6. Adopción de innovaciones. 7. Cambio tecnológico. 8. Análisis económico. 9. Plantas forrajeras. 10. Análisis de costos y beneficios. 11. Modelos. 12. Colombia. 13. México. 14. América Central.

Descriptores Locales :

1. Forrajes. 2. Impacto económico.

Categoría de Materia AGRIS: E14 Economía y políticas de desarrollo.

AGROVOC Descriptors:

1. Brachiaria. 2. Hybrids. 3. Pest resistance. 4. Cercopidae. 5. Rhizoctonia. 6. Innovation adoption. 7. Technological changes. 8. Economic analysis. 9. Feed crops. 10. Cost benefit analysis. 11. Models. 12. Colombia. 13. Mexico. 14. Central America.

Local Descriptors:

1. Forage. 2. Economic impact.

AGRIS Subject Categories: E14 Development economics and policies

I. Tít. II. Holmann, Federico José. III. Centro Internacional de Agricultura Tropical. IV. International Livestock Research Institute. V. Ser.

Clasificación LC.: SB 201 .B7 R5

Derechos de Autor CIAT 2004. Todos los derechos reservados

Contenido

	Pág.
Resumen	1
Introducción	4
Características de los nuevos materiales de brachiaria	6
Metodología	9
El modelo de evaluación	10
Información utilizada	11
Resultados	12
Sensibilidad de los beneficios económicos frente a cambios en variables críticas	16
Impacto sobre la economía de los grupos sociales más vulnerables	18
Beneficios de la tecnología e inversión en investigación	19
Conclusiones	19
Referencias	20
Anexo	22

Impacto de la Adopción de Híbridos de *Brachiarias* Resistentes al Salivazo Colombia, México y Centroamérica

Libardo Rivas* y Federico Holmann**

Resumen

La ganadería vacuna en América Latina tropical constituye una de las principales actividades productivas de la región. Su importancia económica radica en que emplea una fracción muy significativa de la dotación de tierras en todos los agroecosistemas, contribuye a la oferta total de alimentos básicos y es una fuente importante de empleo e ingresos, especialmente en las fincas pequeñas y medianas, orientadas al doble propósito (producción de carne y leche en un mismo sistema).

Uno de los principales problemas que enfrenta la ganadería regional, basada en el pastoreo extensivo, es la limitada oferta forrajera tanto en cantidad como en calidad, lo cual se hace más crítico en los periodos más secos del año. Las gramíneas del género *Brachiaria* (brachiaria) por su amplio rango de adaptación, su tolerancia a suelos ácidos e infértiles y su elevado nivel de productividad, presentan una solución parcial a este limitante, frente a los materiales forrajeros alternativos. Estas gramíneas originarias de África, se difundieron en el continente entre las décadas de 1960 y 1970, particularmente *B. decumbens* cv. Común la especie más utilizada.

La investigación en pasturas liderada por el CIAT y numerosas instituciones nacionales en las décadas de 1980 y 1990, dio origen a nuevas brachiaria con diversas características y usos, que se insertaron con relativo éxito en los sistemas ganaderos del trópico latinoamericano: *B. brizantha*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola* y *B. ruziziensis* figuran entre los materiales forrajeros liberados por las instituciones de investigación de la región.

A pesar de sus indiscutibles ventajas, brachiaria presenta limitaciones por su baja tolerancia a sequías intensas y prolongadas y por su alta susceptibilidad a cercópidos (mión o salivazo de los pastos), una plaga que genera importantes pérdidas económicas al sector ganadero.

Ante estos retos, la investigación más reciente del mejoramiento del género *Brachiaria* se ha concentrado en la obtención de una segunda generación de especies con características agronómicas sobresalientes, vigor de establecimiento, buena capacidad de rebrote, elevado rendimiento, alta calidad nutritiva, buena producción de semilla, resistencia a *Rhizotocnia* y resistencia múltiple a diversas especies de salivazo. Como

* Economista agrícola, Unidad de Impacto. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia (L.Rivas@cgiar.org)

** Economista ganadero, CIAT e Instituto Internacional de Investigaciones en ganadería (ILRI). Cali, Colombia (F.Holmann@cgiar.org)

resultados de este esfuerzo recientemente fueron liberados los cultivares (cv.) Toledo (*B. brizantha* CIAT 26110) y Mulato, el primer híbrido del género *Brachiaria* obtenido por el Programa de Mejoramiento Genético del Programa de Forrajes Tropicales CIAT. Se trata de un material de excelente desempeño, pero aún susceptible al salivazo.

Empleando el Modelo Económico MODEXC (Rivas et al., 1999) se evaluó el impacto económico potencial de la adopción de estos cultivares en los sistemas ganaderos de la Costa Norte y los Llanos Orientales de Colombia), la zona tropical de México y los países de Centroamérica. El modelo estima los beneficios económicos atribuibles al empleo de los nuevos cultivares, desagregando por país, región, ecosistema, sistema de producción y grandes grupos sociales: consumidores y productores. Trabaja con parámetros técnicos, que caracterizan a la nueva tecnología y los proceso de difusión y económicos, que expresan las condiciones de oferta y demanda en los mercados de productos (carne y leche) afectados por el cambio tecnológico.

En el estudio, los parámetros técnicos se basan en trabajos previos de investigación en los países y en juicios de expertos calificados en el tema, y los económicos se fijaron a partir de diversos estudios sobre los mercados de carne y leche en la región.

Los beneficios de la nueva tecnología se calcularon para un periodo de 20 años a partir del 2007 y se expresan en términos de valor presente (VP) y de anualidades (A). Las estimaciones se efectuaron empleando alternativamente marcos económicos de economías abierta y cerrada.

En un esquema de economía cerrada, sin comercio internacional, el valor presente de los beneficios tecnológicos se estimó en US\$4166 millones, de los cuales el 54% se generaría en el mercado de carne vacuna y el resto en el de leche. La mayor parte de los beneficios se concentra en México, US\$2831 (68%); seguido por Colombia, US\$960 millones (23%); y Centroamérica, US\$363 millones (9%).

Para tener elementos de juicio sobre la magnitud de los beneficios tecnológicos estimados, se calculó el valor de la producción de carne y de leche en 2003. El valor presente de los mismos equivale al 44% del valor de la producción de ese año, variando entre 16% en Honduras y 78% en Nicaragua.

Los resultados muestran la gran importancia de los sistemas doble propósito en la ganadería tropical. En los países en el estudio más de la mitad de los beneficios tecnológicos se generan en los sistemas de producción conjunta de carne y leche, así: en Colombia 70%, en Centroamérica 62% y en México 50%.

Cuando un país es autárquico y los excedentes de producción resultantes del mejoramiento tecnológico se comercializan internamente, los beneficios se concentran en los consumidores, quienes se favorecen con la rápida caída de los precios, lo cual les permite incrementar el consumo. En el presente caso y en una economía cerrada, el 83% de los beneficios sociales totales sería capturado por los consumidores de carne y leche.

La apertura comercial implica un proceso redistributivo en favor de los productores. Las compras para exportación incrementan la demanda total y frenan la caída de los precios domésticos. Con un mercado abierto, la participación de los productores en los beneficios totales subiría a 46%. El tema de la equidad en la distribución de los beneficios es de

particular relevancia para mantener un sector productivo moderno, proclive al cambio tecnológico, con altos estándares de competitividad en un mundo cada vez más globalizado.

La inversión en investigación se concibe como un mecanismo primario para lograr dos de las principales metas sociales: (1) reducir la pobreza y mejorar la equidad, y (2) impulsar el crecimiento económico general. A partir de esta premisa y para establecer en qué medida este tipo de cambio contribuye al cumplimiento de las metas sociales, se estimaron los beneficios recibidos por los núcleos más vulnerables de la población: los dos quintiles de población más pobre, que representan el 40% de la población total; y los productores más pequeños. Para definir estos grupos se aprovechó un trabajo previo de Janssen et al (1990).

Este estudio se concentra en la cuantificación de los beneficios directos del cambio técnico dentro del sector ganadero. Si bien existen encadenamientos que generan impactos positivos en otros sectores de la economía, su medición rebasa los alcances de este trabajo.

En ambos esquemas, economía abierta o cerrada, los dos grupos en conjunto, reciben más de una cuarta parte de los beneficios del cambio tecnológico, 27% y 31%, respectivamente. Esto equivale a un valor presente que fluctúa entre US\$1137 y US\$1303 millones, para el conjunto de países considerados.

No obstante que en la definición de los niveles de variables críticas, especialmente aquellas asociadas con la productividad y con la adopción de las nuevas brachiaria, se trabajó con criterios conservadores para evitar la sobrestimación de los beneficios, es importante evaluar la sensibilidad de estos frente a cambios indeseados de esas variables. Para tal fin se construyeron tres escenarios alternativos: (1) disminución del 50% del área cultivada con el nuevo germoplasma, (2) reducción del 10% en los rendimientos de este germoplasma, y (3) incremento del 50% en el tiempo total de adopción.

Se concluye que la variable más crítica en la determinación del nivel de beneficios tecnológicos es el rendimiento (productividad) de la nueva tecnología, en términos de carne y leche por hectárea. La elasticidad de los beneficios con respecto a los rendimientos se estimó en 2.2 para Colombia y 1.8 para Centroamérica y México. Esto implica que si la productividad declina en 1%, la caída en los beneficios sociales es más que proporcional.

Las ganancias sociales resultan menos elásticas con respecto a la magnitud del área a impactar y a la duración de la adopción. Por ejemplo, en Colombia si el área con materiales mejorados declina en un punto porcentual, los beneficios se reducen en aproximadamente seis décimas de punto. En todos los escenarios alternativos propuestos, la inversión en el desarrollo de estas nuevas pasturas resulta económicamente atractiva, a pesar de las circunstancias adversas planteadas en esos escenarios.

Los beneficios tecnológicos expresados como anualidad, una suma fija de dinero que se recibe por un determinado número de años, muestra que actualmente en la región la inversión para la generación de nuevas opciones forrajeras es muy baja, menos de US\$20 millones según estimativos de Seré y Jarvis (1989), en comparación con las sumas anuales de beneficios sociales que generaría en uso de éstos nuevos materiales.

Introducción

En Colombia, México y Centroamérica la ganadería vacuna es una actividad económica de gran importancia, debido a que utiliza una fracción muy significativa de los recursos de tierra disponibles para usos productivos, tiene un alto valor y volumen de producción, contribuye significativamente a la oferta total de alimentos y a la generación de empleo rural y sus formas de explotación impactan los recursos naturales y el medio ambiente.

Del área total disponible para la agricultura, en Colombia se utiliza el 91% para pasturas, en Centroamérica el 73% —variando entre 46% en El Salvador y 82% en Costa Rica— y en México el 74.6% (FAO, 2004).

Colombia es un país con áreas declaradas libres de aftosa (Urabá), pero gran parte de su territorio ganadero, la Costa Atlántica y los Llanos Orientales, aún está expuesto a este flagelo. Por esta circunstancia el comercio de productos vacunos se restringe al circuito aftósico, un segmento del mercado internacional caracterizado por menores precios y mayor volatilidad de los volúmenes transados, además, el país aún no se ha podido consolidar como exportador neto de carne vacuna siendo, eventualmente, importador o exportador de cantidades marginales de este producto.

Por el contrario, Centroamérica y México están libres de la enfermedad y tienen acceso directo al mercado privilegiado de los Estados Unidos, principal líder en el mercado no-aftósico. Esta región tradicionalmente ha sido exportadora de carne vacuna hacia Estados Unidos y en algunas épocas gozó de esquemas preferenciales, tales como cuotas fijas de exportación. Sin embargo con el transcurso del tiempo ha experimentado un declive progresivo en su participación en los mercados externos. En el período 1992-96 la región comercializaba en el exterior, en promedio por año, el 16% de su producción; no obstante, en los últimos años su capacidad exportadora se ha reducido ostensiblemente, llegando a una situación en la cual la región, considerada en conjunto, consume exactamente lo que produce. (FAO, 2004). Adicionalmente, México afronta un crónico y creciente déficit en producción de carne vacuna (Cuadro 1 del Anexo⁹).

América Latina tropical históricamente ha sido deficitaria en producción de leche, recurriendo cada vez a mayores importaciones para abastecer el consumo interno de este producto. A pesar de los notorios avances observados en los últimos años en la producción

⁹ Todos los Cuadros se incluyen en el Anexo al final del documento

y productividad de leche, actualmente Centroamérica compra en el exterior el 15% del total de este producto que consume y México, el 14%. Colombia importa 1.4% de su consumo anual de leche, siendo un importador marginal (Cuadro 1).

En la región tropical de América Latina, la ganadería bovina se extiende ampliamente a través de diversos pisos térmicos y regiones geográficas, bajo diferentes sistemas de producción manejados por un grupo heterogéneo de productores que varía desde pequeños y medianos ganaderos ubicados principalmente en zonas de ladera, hasta grandes terratenientes localizados generalmente en zonas de sabanas y márgenes de bosque.

La baja calidad y la deficiente oferta de forraje en la época seca son los principales limitantes de la producción ganadera regional. *Brachiaria decumbens* es la gramínea forrajera mejorada más difundida en los trópicos latinoamericanos, estimándose que ocupa aproximadamente 40 millones de hectáreas. Esta especie sobresale por su excelente adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad natural, es de fácil propagación por semillas o material vegetativo y produce cantidades aceptables de forraje de buena calidad. No obstante, una de sus limitaciones es su susceptibilidad al ataque de salivazo (Homoptera:Cercopidae), una plaga de amplia distribución considerada como la más perjudicial en pasturas neotropicales. Cuando ocurre el ataque de este insecto, la parte aérea de la planta muere y se reduce significativamente la producción de materia seca, la digestibilidad y la calidad del forraje, con un impacto negativo sobre la carga animal y la producción de leche y carne (Holmann y Peck, 2002).

Los estudios de impacto económico de esta plaga en los trópicos húmedo y seco de Colombia, muestran que los costos de producción por litro de leche se pueden incrementar entre 19% y 29%, en casos de infestación severa. El perjuicio económico que puede causar el salivazo en ambos ecosistemas fluctúa entre US\$161 y US\$211 millones de dólares anuales, dependiendo de la severidad del ataque y del porcentaje del área de la región bajo permanente infestación durante la época de lluvias (Holmann y Peck, 2002).

Ante la perspectiva de una amplia apertura comercial bajo el esquema del Tratado de Libre Comercio (TLC) es imperativo mejorar la competitividad de la ganadería, una actividad que ocupa una elevada fracción de los recursos productivos domésticos y, por tanto, tiene una importancia económica indiscutible como sector estratégico dentro de la economía latinoamericana.

La 27ª Conferencia Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, celebrada en 2002 en la Habana, señaló varias fortalezas de la ganadería de América Central y México, algunas de las cuales tienen validez para Colombia, entre ellas: (1) la existencia de numerosos grupos de pequeños productores con posibilidades de mejorar su situación económica y social mediante el desarrollo y la modernización de esta industria; (2) es una actividad más tolerante a los desastres naturales, en comparación con la agricultura; (3) existe una gran demanda potencial de carne vacuna y productos lácteos, lo cual permitirá en el futuro inmediato incrementar sustancialmente el consumo de estos alimentos; (4) los países de la región se encuentran libres de la mayor parte de las enfermedades de la lista A de la OIE y han logrado significativos avances en el control de las enfermedades endémicas; (5) existe la tecnología apropiada para intensificar la producción sin impactos negativos sobre el medio ambiente y sin desplazar la agricultura; (6) la región posee suficientes recursos humanos calificados para enfrentar el desarrollo pecuario; y (7) existe la infraestructura apropiada para el sacrificio certificado de vacunos con destino a los mercados de exportación.

El trabajo colaborativo durante varios años del CIAT con instituciones nacionales e internacionales ha permitido el desarrollo de opciones tecnológicas que permiten aprovechar de la mejor forma posible las ventajas del sector pecuario regional. Parte de ese esfuerzo se ha concretado en la obtención de materiales mejorados de *brachiaria* que ofrecen mayor productividad, amplio rango de adaptación y resistencia a salivazo.

El propósito de éste estudio es estimar el impacto económico potencial de los nuevos híbridos de *Brachiaria* en varios sistemas de producción y ecosistemas de Colombia, México y América Central. Los beneficios económicos de la adopción de los nuevos materiales se calculan desagregando por país, sistema de producción, región y grupos sociales: consumidores y productores. La estimación se efectúa en dos escenarios alternativos, con y sin comercio internacional.

Características de los nuevos materiales de brachiaria

Brachiaris decumbens y *B. brizantha* se encuentran ampliamente difundidas en diferentes ecosistemas de América tropical. Estas gramíneas, originarias del continente africano, comenzaron a ser cultivadas a escala significativa al finalizar la década de 1960 y al comienzo de la década de 1970 con el objeto de reemplazar pasturas naturales e

introducidas de guinea (*Panicum maximum*), puntero (*Hyparrhenia rufa*), pangola (*Digitaria decumbens*) e imperial (*Axonopus scoparius*), entre otros (Ramírez y Seré, 1990).

En Colombia el empleo masivo de *B. decumbens* se remonta hacia 1970 y constituyó un hito tecnológico en la ganadería del país, ya que su adopción permitió intensificar los sistemas y convertir áreas ganaderas de escasa relevancia en importantes zonas productoras, como es el caso de la cuenca lechera del Piedemonte del Caquetá (Ramírez y Seré, 1990, Michelsen, 1990). Las investigaciones recientes con especies forrajeras han permitido la liberación de nuevos cultivares de *Brachiaria* con diferentes atributos importantes para los sistemas productivos, así, hoy existen en el comercio los cultivares (cv.) Libertad, Toledo e Insurgente de *B. brizantha*; cv. Llanero de *B. dictyoneura* y cv. Pasto Humidicola y Chetumal de *B. humidicola*, y el híbrido *Brachiaria* cv. Mulato, todos ellos productos de la investigación colaborativa del Programa de Forrajes Tropicales del CIAT e instituciones nacionales e internacionales de investigación. Estos nuevos cultivares han tenido excelente acogida en los sistemas ganaderos de los diferentes ecosistemas tropicales, no obstante, aún son atacados con diferente grado de intensidad por los cercópidos o mión de los pastos.

El cv. Mulato es un híbrido de *Brachiaria* proveniente del cruce no. 625 (*Brachiaria ruziziensis* clon 44-6 x *Brachiaria brizantha* CIAT 6297) realizado en 1988 por el Programa de Mejoramiento del Proyecto Forrajes Tropicales del CIAT. Se trata de un material de excelente desempeño pero aún susceptible al salivazo. A partir de 1994 fue incluido en una serie de ensayos regionales de tipo agronómico en Colombia, México y países de Centroamérica, en donde el clon CIAT 36061 manifestó un elevado vigor de planta y buen potencial de producción de forraje (Miles, 1999). A partir del 2000 se comenzó a producir y comercializar semilla de este cultivar en México a través de una alianza estratégica con una empresa privada. Este cultivar se desarrolla en regiones húmedas y subhúmedas y es de crecimiento decumbente, estolonífero y cespitoso. Se adapta a suelos bien drenados de mediana fertilidad con pH >4.5, precipitaciones superiores a 1000 mm/año, hasta 1800 m.s.n.m. y topografía plana a ondulada. Es resistente a sequías prolongadas. Su calidad nutritiva es muy alta, con un valor de proteína cruda que oscila entre 12% y 15% y una digestibilidad de 55% a 62%. Produce 25% más de materia seca que otras *brachiaria* comerciales como *B. decumbens* y *B. brizantha*, elevando la producción animal de 1 a 2 kg leche/vaca por día adicionales en comparación con *B. brizantha* cv. Marandú o cv. Toledo (Peters et al., 2003).

La investigación adelantada ha producido nuevos híbridos, que se encuentran muy próximos a completar su proceso de evaluación, para su posterior liberación en el país. Entre ellos se destaca el #4624 (CIAT 36987), que además de tener la calidad forrajera del Mulato es resistente a múltiples especies de salivazo, presenta mejor adaptación a sequías prolongadas y alto potencial de producción de semilla. En general los nuevos híbridos se caracterizan por: 1) alta calidad forrajera; 2) superior adaptación a suelos ácidos y anegadizos; 3) mayor capacidad de producción de semilla; 4) resistencia múltiple a varias especies de salivazo y 5) resistencia a Rhizotocnia.

Metodología

La estimación del impacto económico del nuevo germoplasma de *Brachiaria* se basa en la teoría clásica de excedentes económicos (Marshall, 1890), la cual plantea que en un mercado en equilibrio cuando se produce un desplazamiento de la función de oferta —en este caso por la adopción de pasturas mejoradas que incrementan la oferta de carne y de leche— se generan excedentes o beneficios económicos que capturan los consumidores y/o productores que participan en dicho mercado. Los primeros logran ganancias económicas debido a que el incremento de la oferta reduce los precios reales pagados y eleva la disponibilidad del producto en el mercado.

En la Figura 1A se muestra cómo la nueva tecnología aplicada en finca impulsa la productividad y desplaza la función de producción hacia arriba, generando mayor producción (q_1) con el mismo volumen de recursos (x_i). Los menores costos por unidad de producto constituyen la fuente de ganancias económicas del productor al adoptar las nuevas tecnologías.

Cuando se masifica la adopción, la función de oferta del mercado se desplaza desde o a o' (Figura 1B) lo cual determina una nueva situación de equilibrio, que resulta en

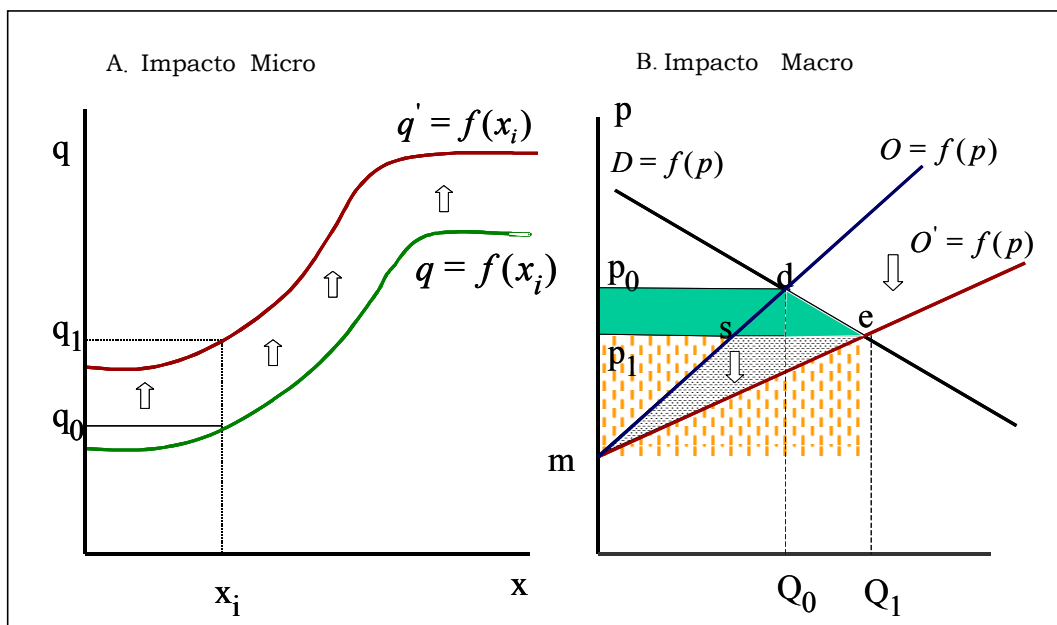


Figura 1. **Impacto a escalas micro y macro del cambio tecnológico en la productividad en fincas**

mayor cantidad de producto comercializada (sube de Q_0 a Q_1) a un precio menor (baja de p_0 a p_1). En la Figura 1B los beneficios recibidos por los consumidores corresponden al área p_0p_1ed y los de los productores a la diferencia entre mse (ganancias en productividad) y p_0p_1ds (pérdida de ingresos por reducción de precios). Los beneficios sociales totales, representados por las ganancias conjuntas de consumidores y productores, corresponden al triángulo mde .

Estos beneficios constituyen la retribución que recibe la sociedad por destinar recursos monetarios al diseño y desarrollo de nuevas alternativas tecnológicas. Conociendo el flujo anual de los beneficios de la tecnología y de las inversiones para desarrollarla se estiman indicadores de eficiencia económica y rentabilidad social, usualmente utilizados en la evaluación económica tales como valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio/costo (B/C)¹.

El modelo de evaluación

Las estimaciones de los beneficios del cambio tecnológico fueron realizadas mediante la aplicación del modelo MODEXC² (Modelo de Excedentes Económicos) que fue desarrollado por el CIAT y que permite calcular el flujo anual de beneficios tecnológicos, simulando los cambios en el mercado en la medida que avanza el proceso de difusión y adopción de la tecnología.

MODEXC trabaja con un sistema simultáneo de funciones oferta y demanda del tipo Cobb – Douglas, de elasticidad constante. Para simular el proceso de adopción incorpora una función logística o sigmoidea, que regula el desplazamiento anual de la oferta conforme la nueva tecnología es adoptada. Adicional al cambio tecnológico, permite incluir y evaluar cambios autónomos de demanda y oferta, independientes de las nuevas tecnologías bajo análisis. Dichos cambios corresponden a desplazamientos de la demanda propiciados por incrementos poblacionales y variaciones del ingreso y de los precios relativos. Por el lado de la oferta incluye variaciones ocasionadas por la adopción de otras tecnologías y también las relacionadas con la ampliación del aparato productivo debido a factores de tendencia.

El modelo opera con parámetros técnicos y económicos. Los primeros caracterizan la tecnología y su difusión y se relacionan con: (1) los cambios en los niveles de

1 Para mayor información sobre los indicadores de rentabilidad económica y las técnicas de análisis puede consultarse en Gittinger (1992)

2 Para mayor información sobre el modelo, sus características, formas de empleo e información requerida se recomienda consultar en Rivas et al. (1999)

productividad, (2) la magnitud de las áreas a impactar, y (3) la celeridad e intensidad del proceso de adopción. Los parámetros económicos definen los mercados bajo análisis en términos de: (1) cantidades y precios iniciales de equilibrio, (2) elasticidades precio de oferta y demanda, (3) tasas de crecimiento autónomo de oferta y demanda, (4) precios en los mercados externos, y (5) precios mínimos de oferta.

Con la información anterior se estiman los beneficios del cambio tecnológico, discriminando por grupos sociales (productores y consumidores), clase de tecnología, región geográfica, país y ecosistema, entre otros.

Información utilizada

En el Cuadro 3 se incluye el marco de referencia del ejercicio de evaluación en términos de zonas geográficas (países y regiones), sistemas de producción (ceba o engorde de vacunos y doble propósito), ecosistemas (sabanas y laderas) y mercados de productos finales (carne y leche) afectados por el cambio tecnológico.

Los parámetros técnicos de productividad que aparecen del Cuadro 4 se fijaron con base en trabajos previos de investigación adelantados por el CIAT y las instituciones nacionales colaboradoras en las regiones consideradas en este estudio, en un proceso en el que se tuvo en cuenta la opinión de especialistas expertos en el tema.

Se trabajó con hipótesis conservadoras sobre los cambios en productividad y sobre la magnitud de las áreas influenciadas con la nueva tecnología para evitar, en lo posible, la sobreestimación de los beneficios tecnológicos.

Las áreas susceptibles de impactar con los nuevos materiales forrajeros se estimaron en función del área total en pasturas permanentes en cada país (FAO, 2004). Se asumió que en los próximos 20 años el 5% del área actual en pasturas en Colombia utilizaría las nuevas opciones forrajeras, principalmente en los Llanos Orientales y la Costa Norte, regiones ganaderas con alto potencial de adopción. En México sólo se consideró la zona tropical, por lo cual se asumió que el 2.5% de área actual en pasturas del país adoptaría estas tecnologías.

En los países centroamericanos, con predominio de las explotaciones ganaderas pequeñas y medianas, ubicadas en zonas de ladera con énfasis en la producción de leche, se asumió que el 2.5% del área en pasturas utilizaría germoplasma de brachiaria de segunda generación.

El sistema doble propósito tiene como atributo un flujo permanente de efectivo por venta de leche lo cual es crítico para los productores con recursos muy limitados, por tanto, se plantea que en este sistema la adopción es más dinámica que en las actividades de ceba de vacunos. En consecuencia, la duración de la adopción tecnológica en el doble propósito se fijó en 15 años y en ceba de 20.

El conjunto de datos sobre la productividad actual y potencial y las áreas que serán afectadas con el nuevo germoplasma de brachiaria (Cuadro 4) se sintetiza en el factor de desplazamiento de la función de oferta (K), que expresa en el mercado el efecto de la adopción de la nueva tecnología y se estima como:

$$K_i = \frac{Q_{0i} + (PM_i - PT_i)A_i}{Q_{0i}}$$

donde,

Q_{0i} = cantidad inicial de equilibrio de la región i .

PM_i = productividad de la tecnología mejorada en la región i .

PT_i = productividad de la tecnología tradicional en la región i .

A_i = área a impactar con la tecnología mejorada en la región i .

Para cada país, sistema de producción y región considerada se calcularon los valores del parámetro K , que se incluyen en el Cuadro 5.

Los parámetros económicos que caracterizan a los mercados de carne y de leche en Colombia, Centroamérica y México se incluyen en el Cuadro 6. El período total de evaluación es de 23 años, iniciando el proceso de adopción en 2007, con una duración de 15 años en el sistema doble propósito y de 20 años en el de ceba de vacunos. Como año base para evaluación se considera 2004.

Resultados

Los beneficios sociales de la adopción de germoplasma mejorado de brachiaria en las regiones consideradas en el este estudio se estimaron en dos escenarios alternativos: el primero es un ambiente autárquico, en el que todos los incrementos en producción resultantes del empleo de las nuevas tecnologías se comercializan en el mercado doméstico,

permaneciendo éste totalmente aislado de las influencias externas; en el segundo aparece un mercado nacional abierto, cuyo nivel de oferta puede ser afectado por las importaciones o las exportaciones, dependiendo de la relación precio interno/precio internacional.

En un escenario cerrado, en 2004 el valor presente del flujo anual de beneficios económicos obtenidos por las regiones como resultado de la selección de germoplasma se estimó en US\$4166 millones. De ese total, el 54% corresponde a beneficios generados en el mercado de carne vacuna y el 46% restante en el de leche (Cuadro 7).

Para tener un punto de referencia con respecto a la magnitud de los beneficios tecnológicos se estimó la producción de carne y leche en 2003, siendo ésta de US\$9487 millones. De esta cifra se infiere que el valor presente de los beneficios estimados equivale al 44% del valor total de la producción en ese año (Cuadro 7). Esta proporción cambia según región y país, así, en Centroamérica es de 29%, fluctuando entre 78% en Nicaragua y 15% en El Salvador, en Colombia de 43% y en México de 47%.

Los resultados reflejan la importancia de los sistemas doble propósito en las ganaderías del trópico latinoamericano. Como se observa en la Figura 2 una elevada fracción de los beneficios totales se genera en este sistema, en el que predominan los pequeños y medianos productores.

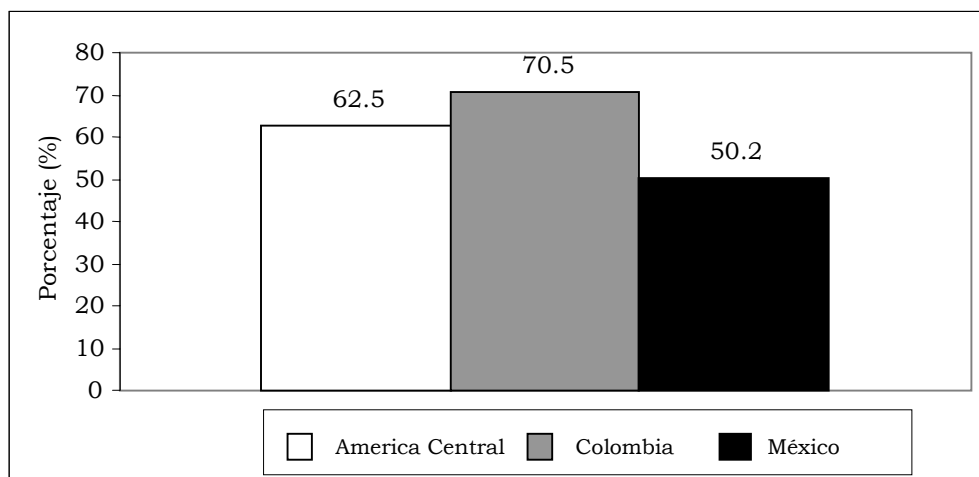
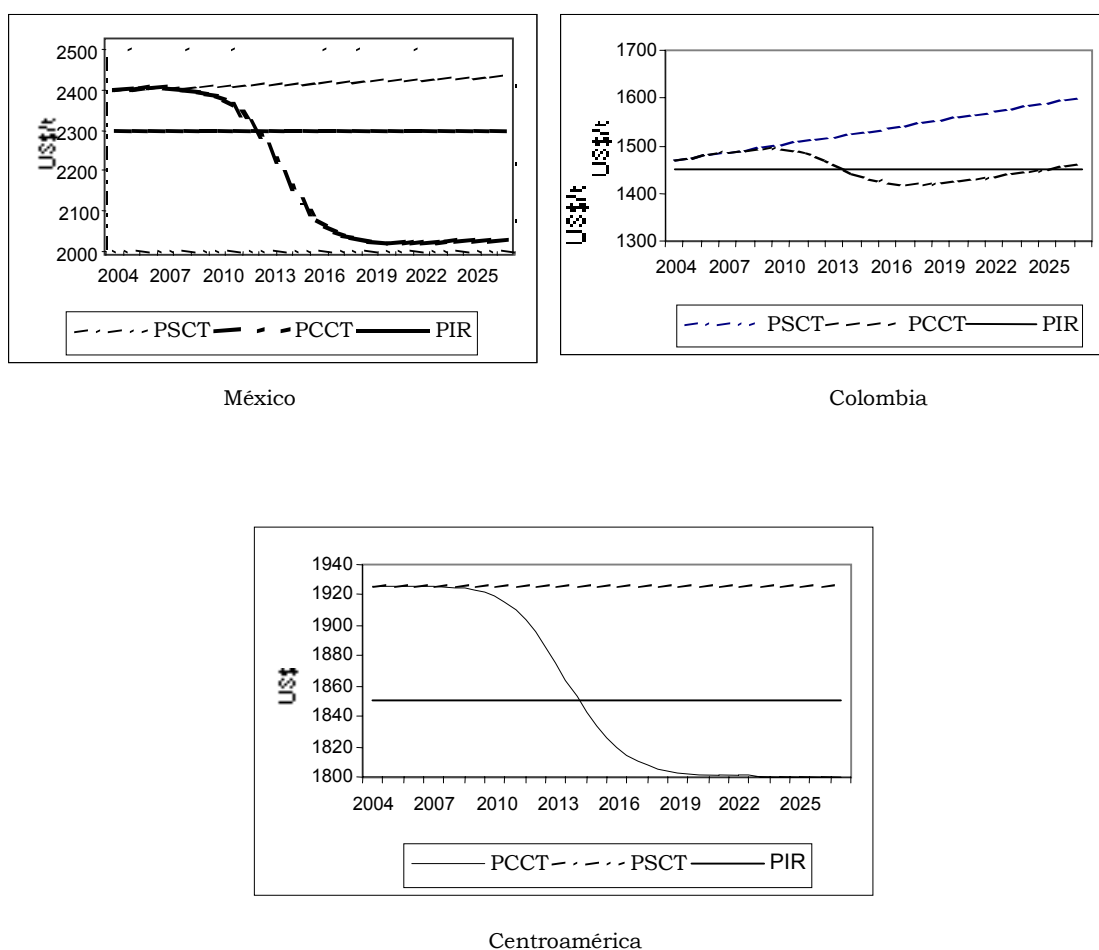


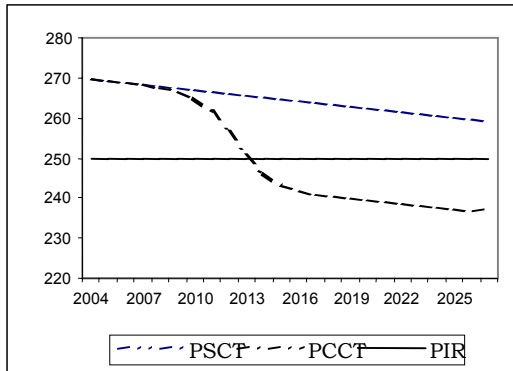
Figura 2. **Participación porcentual del sistema de doble propósito en los beneficios tecnológicos totales del uso de germoplasma mejorado de Brachiaria**

En un esquema teórico de economía cerrada los beneficios del cambio tecnológico se concentran principalmente en los consumidores, quienes se favorecen por el hecho de que la producción adicional resultante de la adopción de las nuevas tecnologías debe ser totalmente absorbida por el mercado local, lo cual provoca una acentuada reducción de sus precios. En la Figura 3 se observa el impacto de la adopción a gran escala de los nuevos materiales forrajeros sobre los precios de carne vacuna. Del total de beneficios que se lograrían (US\$4155 millones), el 83% está representado por las ganancias alcanzadas por los consumidores debido a la reducción de los precios y al incremento del consumo. El 17%

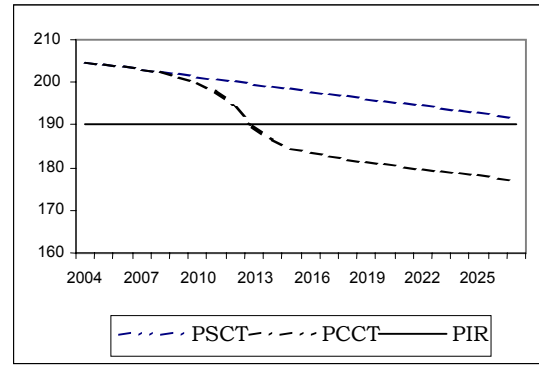


PCCT: Precio real de carne vacuna con cambio tecnológico
 PSCT: Precio real de carne vacuna sin cambio tecnológico
 PIR: Precio Internacional de referencia. Definido en éste contexto como el precio a partir del cual el país comenzaría a exportar

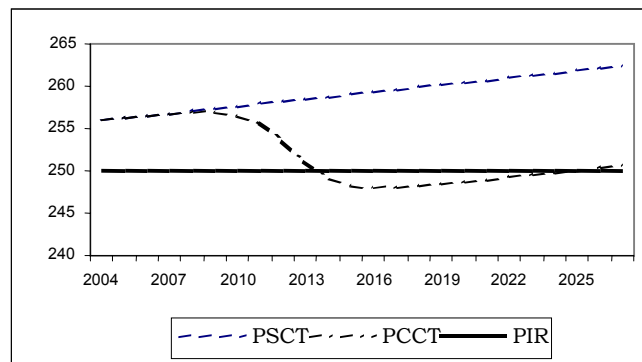
Figura 3. **Evolución de los precios de carne vacuna en México, Colombia y Centroamérica con y sin adopción de germoplasma de brachiarias mejorado**



México



Colombia



Centroamérica

PCCT: Precio real de leche con cambio tecnológico
 PSCT: Precio real de leche sin cambio tecnológico
 PIR: Precio Internacional de referencia. Definido en éste contexto como el precio a partir del cual el país comenzaría a exportar

Figura 4. **Evolución de los precios de leche en México, Colombia y Centroamérica con y sin adopción de germoplasma mejorado de brachiaria**

restante corresponde a los beneficios capturados por los productores, quienes al adoptar la nueva tecnología aumentan su productividad y reducen los costos unitarios de producción. En la Figura 4 se presenta la misma situación para el caso de la leche.

Si se considera la posibilidad de exportar, se observa que con la ampliación de la demanda como resultado de las mayores compras adicionales se produce una redistribución de los beneficios tecnológicos en favor de los productores. Por otro lado, el crecimiento de la demanda frena la caída de los precios domésticos, favoreciendo a los ganaderos que adoptan los nuevos materiales forrajeros.

Para el conjunto de países considerados en este estudio, la apertura comercial implica que los beneficios recibidos por los consumidores se reducen casi en una tercera parte (34%), mientras que los obtenidos por los productores crecen más del doble (Cuadro 8). Este aspecto de la equidad en la distribución de los beneficios tecnológicos es de particular relevancia para mantener un sector productivo moderno, proclive al cambio tecnológico y con altos estándares de competitividad, en un sistema cada vez más globalizado.

Los cambios en la participación de los diferentes sectores sociales en los beneficios tecnológicos, según el tipo de economía que se considere, aparecen en el Cuadro 9. En América Central la apertura comercial determinaría que la participación de los productores pasaría de 16% a 33%, en Colombia de 18% a 44% y en México de 16% a 48%.

De acuerdo con las cifras en el Cuadro 8 el impacto del comercio exterior sobre el valor presente de los beneficios totales recibidos por la sociedad es de escasa magnitud, representando un incremento del 1% (US\$43 millones), no obstante, su efecto más importante es de carácter redistributivo, como ya se mencionó.

Sensibilidad de los beneficios económicos frente a cambios en variables críticas

La magnitud de los beneficios estimados está en función de los valores asignados a variables críticas tales como área total afectada con la nueva tecnología al concluir el proceso de adopción; niveles de productividad esperados con los nuevos materiales forrajeros y tiempo de duración del proceso de adopción y difusión. Si bien la fijación de estos valores se hizo con criterio conservador para evitar al máximo la sobreestimación de los resultados económicos, es importante evaluar la magnitud de los cambios en los beneficios cuando ocurren circunstancias adversas.

Por lo anterior se plantearon tres escenarios alternativos: (1) Disminución en 50% del área total a afectar con el nuevo germoplasma de brachiaria; (2) Reducción en 10% de los rendimientos potenciales de los materiales forrajeros mejorados; (3) 50% más de tiempo antes de lograr la adopción.

Si la magnitud de las áreas impactadas al finalizar el proceso de adopción del germoplasma fuera la mitad del área considerada en el escenario base, los beneficios caerían entre 47% y 48% (Cuadro 10). En el caso de que la adopción fuera más lenta y el tiempo de adopción se incrementara en 50%, los beneficios se reducirían en un rango entre 29% y 30%.

Los rendimientos de los nuevos materiales aparecen como la variable de mayor relevancia en la determinación del nivel de ganancias sociales. Una caída de 10% en la productividad de carne o de leche induciría una pérdida entre 18% y 22% en los beneficios, en relación con el escenario base.

Considerando lo anterior en función de elasticidades³, se concluye que los beneficios sociales son muy elásticos frente a cambios en los rendimientos físicos de los nuevos materiales forrajeros. En este caso, una reducción de 1% en la productividad significaría que los beneficios declinarían más que proporcionalmente entre 1.8% y 2.2% (Cuadro 11).

Las elasticidades de las ganancias sociales frente a los cambios en el área a impactar y a la duración del proceso de adopción son de menor magnitud, menos que proporcionales. Se puede inferir que los beneficios económicos de la nueva tecnología son moderadamente inelásticos, cuando se presentan cambios en esas dos variables.

La estabilidad a escala de finca de los rendimientos físicos de los nuevos materiales forrajeros depende de factores internos y externos. Los internos se relacionan con la adaptación del nuevo germoplasma de *brachiaria* a las condiciones específicas de la finca y a su manejo durante las fases de establecimiento y pastoreo. Los externos se asocian con la calidad de la semilla comprada por los productores, la presencia de plagas y enfermedades y la prevalencia de condiciones climáticas extremas.

Para asegurar un óptimo rendimiento de los nuevos materiales es necesario garantizar el suministro adecuado de semillas de buena calidad a precios que permitan a los ganaderos utilizar las densidades de siembra recomendadas. El sector productor de semillas forrajeras en la región a menudo es pequeño y poco desarrollado, lo cual no permite aprovechar las economías de escala para reducir los costos unitarios de producción de los nuevos cultivares y mejorar así las posibilidades de adopción. Además, para el correcto desarrollo de las actividades del productor en las fases de establecimiento y utilización de pasturas es necesario mantener un flujo constante de información técnica en temas críticos como métodos de labranza, densidades de siembra, aplicación de insumos y manejo del pastoreo.

³ La elasticidad es un concepto económico que mide el grado de respuesta de una variable dependiente, frente a cambios en otra variable independiente. En términos matemáticos es un valor absoluto, por ejemplo, la elasticidad de los beneficios sociales con respecto a los rendimientos se calcula como: $\ell = \frac{\partial \%B}{\partial \%R}$, siendo ℓ la elasticidad; $\partial \%B$ el cambio porcentual en los beneficios y $\partial \%R$ el cambio porcentual en los rendimientos

Impacto sobre la economía de los grupos sociales más vulnerables

El cambio tecnológico en la agricultura cumple un rol clave en el cumplimiento de dos de las principales metas sociales. Por un lado, reduce la pobreza y mejora la equidad social y por otro, incrementa el ritmo de crecimiento económico para elevar las condiciones de vida de la sociedad en general.

Cuando se incrementa la equidad, el cambio técnico se concibe como un mecanismo primario que permite aumentar los ingresos de los grupos sociales con menores recursos, con lo cual se espera reducir la pobreza y elevar los niveles de nutrición de la población objetivo.

Los alimentos básicos, como la carne y la leche, cumplen esta doble función ya que cuando se mejoran las condiciones para su producción se incrementa la disponibilidad de alimentos y se generan ingresos que pueden capturar los grupos con menores recursos económicos, lo cual permite elevar los índices de nutrición. Por otro lado, a través de las relaciones con otros sectores se impulsa el crecimiento económico general. Este último tema no está al alcance en este trabajo, ya que sólo se estiman los impactos directos del cambio tecnológico en el sector ganadero. No obstante, es preciso señalar que el proceso induce efectos indirectos en otros sectores económicos, que se traducen en avances del empleo, la producción y el comercio (Janssen et al., 1990).

En este estudio se analiza el impacto de la adopción de nuevas tecnologías forrajeras sobre los núcleos poblacionales más vulnerables, estimando los beneficios que por el cambio recibirían estos segmentos de la población. En este contexto se consideraron dos grupos, definidos en un trabajo previo para América Latina en conjunto elaborado por Janssen et al. (1990). Los consumidores más pobres, que representan los dos primeros quintiles en la distribución de ingreso, incluyen el 40% de la población y tienen un ingreso menor que US\$600 per cápita por año. El otro grupo está representado por los productores más pequeños quienes, también, se encuentran en el mismo estrato de ingreso de los consumidores más pobres.

Las estimaciones muestran que como consecuencia del cambio tecnológico en la producción de carne y leche en los países seleccionados, y asumiendo que los mercados de estos productos están cerrados, los consumidores ubicados en los dos primeros quintiles de la distribución de ingreso y los productores más pequeños en conjunto recibirían en 2004 un flujo de beneficios equivalente a US\$1137 millones. Esta cifra representa cerca de una

cuarta parte (27%) de los beneficios sociales totales. Al abrir los mercados, la proporción se incrementa ligeramente, situándose en 31% (Cuadro 12).

Beneficios de la tecnología e inversión en investigación

Los beneficios sociales derivados de la adopción de nuevas tecnologías constituyen la retribución económica a las inversiones efectuadas para desarrollar las nuevas alternativas de producción. El flujo de beneficios del cambio puede ser expresado también en anualidades, es decir, una suma constante de beneficios que se recibe cada año durante un período de 23 años, que es el tiempo transcurrido entre el año base (2004) y el año final de evaluación (2027).

Se estima que para 2004 en los países en el estudio el cambio basado en el empleo de germoplasma mejorado de brachiaria genera un flujo de beneficios por un valor presente de US\$4155 millones. Si ese flujo se distribuye como una anualidad, el conjunto de países recibe una cantidad fija de US\$468 millones anuales durante 23 años. A Colombia le corresponden US\$108 millones, a Centroamérica US\$41 millones y a México US\$319 millones (Cuadro 13).

Seré y Jarvis (1989) estiman que en América Latina tropical la inversión anual en investigación en pasturas mejoradas no supera los US\$20 millones. Con este punto de referencia se puede decir que el beneficio potencial de este tipo de investigación supera ampliamente las inversiones en su desarrollo y que en consecuencia resultan económicamente eficientes y socialmente rentables.

Conclusiones

Los resultados de este estudio permiten concluir lo siguiente:

- El valor presente en el 2004 de los beneficios tecnológicos de la introducción de germoplasma mejorado de brachiaria en sistemas de ceba y doble propósito en los ecosistemas de sabanas (Colombia y México) y de laderas (Centroamérica) se estimó en US\$4155 millones, equivalente al 44% de la producción de carne y leche de esos países en el 2003. Esta cifra representa el impacto directo sobre el sector ganadero, sin tener en cuenta los efectos indirectos sobre otros sectores de la economía.
- La apertura de los mercados implica redistribuir los beneficios tecnológicos del cambio entre productores y consumidores. Dicha apertura permite que los primeros

incrementen su participación en los beneficios totales de 17% a 46%. Este aspecto redistributivo es clave para mantener un sector productivo moderno, proclive al cambio tecnológico y altamente competitivo en un sistema globalizado.

- Los resultados obtenidos muestran la gran importancia del sistema doble propósito en las ganaderías tropicales. Una fracción de los beneficios de la tecnología de nuevas pasturas, que supera el 50%, se origina en este sistema de producción.
- Los resultados muestran que los núcleos más vulnerables de la población, consumidores más pobres y productores más pequeños, recibirían una proporción que representa más de una cuarta parte de los beneficios totales. En el caso de los consumidores más pobres, definidos como un segmento de la población que incluye los dos primeros quintiles de la distribución de ingreso, equivaldría a una población cercana a 73 millones de personas de los 183 millones de habitantes en la región.
- Mantener los niveles de productividad de los nuevos materiales a lo largo del tiempo es clave para garantizar los beneficios sociales y para asegurar la competitividad de la producción doméstica en los mercados externos. El análisis de sensibilidad indica que el impacto de una reducción porcentual de la productividad sobre los beneficios es significativamente mayor que una reducción de la misma magnitud en el área cultivada o en la duración del proceso de adopción.
- Se debe, igualmente, resaltar el rol crítico de la productividad en el proceso de difusión. El desempeño productivo de los nuevos materiales afecta tanto la magnitud de las áreas involucradas en el proceso como la duración del mismo.
- Los beneficios tecnológicos, expresados como anualidades, superan ampliamente la inversión anual de la región para investigación en pasturas mejoradas. Esto evidencia su alta racionalidad y eficiencia económica y su elevado retorno social.

Referencias

FAO. 1971. Agricultural commodity projections 1979–1980. Roma.

_____. 2004. FAOSTAT On line.

Gittinger, J. P. 1972. Análisis económico de proyectos agrícolas, Serie Banco Mundial. Editorial Tecnos. Washington. D. C.

Guiot, J. D. y Meléndez, F. 2003. Pasto Mulato: Excelente alternativa para producción de carne y leche en zonas tropicales. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, México.

Holmann, F. and D. Peck. 2002. Economic Damage Caused by Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: A First Approximation of Impact on Animal Production in *Brachiaria decumbens* pastures. Neotropical Entomology 31(2): 275-284.

- Janssen W.; Sanint, L. R.; Rivas, L.; y Henry, G. 1990. CIAT's commodity portfolio reexamined: Indicators of present and future importance. En: Trends in CIAT Commodities 1990. Working Document no. 74, Economics Document no. 1.15. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Jarvis, L. S. 1986. Livestock development in Latin America. World Bank. Washington D. C.
- Marshall, A. 1980. Principios de economía 4^a. Edición 1963. Editorial Aguilar, Madrid.
- Michelsen H. 1990. Análisis del desarrollo de la producción de leche en la zona tropical húmeda: El caso del Caquetá, Colombia. Documento de Trabajo no 60. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Miles, J. W. 1999. Nuevos híbridos de *Brachiaria*. Pasturas Tropicales 21(2):78.
- Peters, M.; Franco, L. H.; Schmidt, A.; e Hincapié, B. 2003. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores en Centroamérica. Publicación CIAT no. 333. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Pinstrup-Andersen, P.; Ruíz de Londoño, N.; y Hoover, E. 1976. The Impact of increasing food supply on human nutrition: Implications for priority commodities for Agricultural research. Amer. J. Agric. Econ. 58(2):131-142.
- Ramírez, A. y Seré, C. 1990. *Brachiaria decumbens* en el Caquetá: Adopción y uso en ganaderías de doble propósito. Cali, Colombia. Documento de Trabajo CIAT no 67. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Fondo Ganadero del Valle del Cauca, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), Nestlé de Colombia, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y Universidad de la Amazonia.
- Rivas, L; García, J.; Seré, C.; Jarvis, L. S.; Sanint, L. R.; y Pachico, D. 1999. MODEXC: A friendly computer model. Release 4.1. CIAT. Impact Assessment Project.
- Rivas, L. y Valdés, A. 1978. Variaciones de las existencias y ventas de ganado en Colombia durante 1940-1970: Un enfoque econométrico. Revista Plantación y Desarrollo, mayo-agosto. p. 49-82.
- Rivas, L. y Pachico, D. 1997 Evaluación de los beneficios sociales del uso de pasturas mejoradas en las ganaderías de América tropical: Un análisis ex ante. Proyecto de Evaluación de Impacto. Agosto 1997. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Rubinstein, E. y Nores, G. A. 1980. Gasto en carne de res y productos lácteos por estrato de ingreso en doce ciudades de América Latina. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (manuscrito).
- 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. Bogotá. Colombia. Revista Plantación y Desarrollo 17(3):37-68.
- Seré, C. y Jarvis, L. 1989. The betting line on beef: Ex ante estimates of improved pasture research benefits for the Latin America tropics. En: Trends in CIAT Commodities 1989. Internal Document-Economics 1.14. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Anexo

Cuadro 1. **Indicadores de carne y leche en regiones y países considerados en el estudio, entre 1992 y 2001.**

Región/país	1992-1996				1997 - 2001			
	Producción (‘000 tm)	Exportación neta (‘000 tm)	Consumo/ habitante (kg/año)	Índice de Autosuficiencia (%)	Producción (‘000 tm)	Exportación neta (‘000 tm)	Consumo/ habitante (kg/año)	Índice de Autosuficiencia (%)
Carne vacuna								
Centroamérica	326	45	9.0	115.9	339	0	9.6	100.0
Costa Rica	89	19	20.1	127.8	83	14	17.7	119.6
El Salvador	26	-7	5.9	78.5	35	-14	8.0	70.5
Guatemala	50	6	4.5	113.2	59	-10	6.2	85.3
Honduras	50	10	7.4	123.9	50	-5	8.7	90.4
Nicaragua	50	22	6.6	175.9	50	22	5.8	175.5
Panamá	61	-5	25.5	92.7	62	-5	24.0	92.1
Colombia	655	-5	17.5	99.2	747	-37	18.9	95.3
México	1322	-178	16.7	88.2	1396	-317	17.6	81.5
Total	2303	-138	15.4	96.3	2482	- 354	16.3	88.5
Leche								
Centroamérica	1897	-313	71.1	85.8	2292	-418	77.0	84.6
Costa Rica	514	18	144.0	103.5	682	16	169.5	102.4
El Salvador	325	-111	74.6	74.6	372	-134	82.3	73.5
Guatemala	286	-101	73.9	73.9	280	-170	40.5	62.2
Honduras	435	-65	87.0	87.0	571	-77	103.4	88.2
Nicaragua	185	-43	81.3	81.3	226	-41	54.1	84.6
Panamá	152	-12	92.9	92.9	161	-12	61.4	93.2
Colombia	4817	-49	128.6	99.0	5663	-78	138.6	98.6
México	7562	-1728	103.7	81.4	8814	-1374	104.7	86.5
Total	14276	-2090	103.3	86.5	16769	-1870	107.2	89.0

Cuadro 2. **Recursos usados por la ganadería, valor de la producción y población humana en Centroamérica, Colombia y México (2003).**

Región/país	Bovinos-2003 (millones de cabezas)		Pasturas-2002 (millones de ha)	Pasturas/ agricultura (% de área)	Producción ganadera-2003 (Millones de US\$)		Población-2002 (millones de personas)
	Total	Vacas en ordeño			Total	Contribución de la lechería (%)	
Centroamérica	11.7	2.4	13.5	64.0	1273	48.7	37.7
Costa Rica	1.2	0.6	2.3	81.7	329	57.9	4.1
El Salvador	1.0	0.3	0.8	46.6	186	62.4	6.4
Guatemala	2.5	0.4	2.6	57.7	206	34.8	12.0
Honduras	1.9	0.6	1.5	51.4	249	56.2	6.8
Nicaragua	3.5	0.4	4.8	68.9	150	36.5	5.3
Panamá	1.6	0.1	1.5	68.8	153	30.6	3.1
Colombia	25.0	5.8	41.8	90.8	2241	53.9	43.5
México	30.8	7.1	80.0	74.6	5983	42.5	102.0
Total	67.5	15.3	135.3	76.1	9497	46.1	183.2

Fuente: Cálculos con base en cifras de FAOSTAT (2004)

Cuadro 3. **Marco de referencia de la evaluación del impacto económico potencial del uso de germoplasma mejorado de *Brachiaria* en Colombia, Centroamérica y México.**

Región/país		
Colombia	Centroamérica	México
Llanos Orientales	Costa Rica	Zona tropical
Costa Norte	El Salvador	
	Guatemala	
	Honduras	
	Nicaragua	
	Panamá	
Sistema de producción		
Ceba	Ceba	Ceba
Doble propósito	Doble propósito	Doble propósito
Mercados		
Carne	Carne	Carne
Leche	Leche	Leche
Ecosistemas		
Sabanas	Laderas	Sabanas
Población-2002 (millones de personas)		
43.5	37.7	102.0

Cuadro 4. **Niveles de productividad de la tecnología tradicional y de la mejorada y áreas a impactar en Colombia, Centroamérica y México.**

País/región	Tecnología y sistema de producción								Área total a impactar con Brachiaria (millones de ha)
	Brachiaria mejorado					Tradicional			
	Ceba		Doble propósito			Ceba		Doble propósito	
	Carne (kg/ha/año)	Área a impactar (millones de ha)	Productividad (kg/ha/año)		Área a impactar (millones de ha)	Carne (kg/ha/año)	Productividad (kg/ha/año)		
			Carne	Leche			Carne	Leche	
Colombia	228	836.0	154	2080	1254.0	142	88	1200	2090.0
Llanos Orientales	250	501.6	130	1800	752.4	110	80	1100	1254.0
Costa Norte	320	334.4	190	2500	501.6	190	100	1350	836.0
Centroamérica	396	169.7	191	2808	169.8	169	105	1379	339.5
Costa Rica	550	29.2	230	3300	29.3	220	120	1600	58.5
El Salvador	550	10.0	230	3300	10.0	220	135	1600	20.0
Guatemala	320	32.5	180	2500	32.5	150	100	1300	65.0
Honduras	360	19.0	200	2900	19.0	160	110	1500	38.0
Nicaragua	320	60.0	180	2500	60.0	140	90	1200	120.0
Panamá	500	19.0	220	3200	19.0	200	120	1500	38.0
México	550	1000.0	180	3900	1000.0	220	150	1800	2000.0
Total	424*	2005.7	167*	2881*	2423.8	183*	115*	1460*	4429.5

* Promedio ponderado por área

Cuadro 5. **Valores del factor de desplazamiento de la oferta (K) por la adopción de nuevo germoplasma de Brachiaria en Colombia, Centroamérica y México.**

País/región	Sistema de producción		
	Ceba	Doble propósito	
		Carne	Carne
Colombia			
Llanos Orientales	1.0998	1.0535	1.0894
Costa Norte	1.0998	1.0285	1.0979
Centroamérica			
Costa Rica	1.0285	1.0082	1.0205
El Salvador	1.0097	1.0028	1.0070
Guatemala	1.0163	1.0077	1.0161
Honduras	1.0105	1.0050	1.0109
Nicaragua	1.0320	1.0160	1.0323
Panamá	1.0170	1.0057	1.0135
México	1.2306	1.0210	1.2226

Cuadro 6. **Parámetros económicos de los mercados de carne vacuna y leche en Colombia, Centroamérica y México^a.**

Variables	Colombia		Centroamérica		México	
	Carne	Leche	Carne	Leche	Carne	Leche
Cantidad inicial de equilibrio Q_0 ('000 tm)	703	5889	339	2422	1431	9438
Precio inicial de equilibrio P_0 (US\$/tm)	1470	205	1926	256	2400	270
Precio mínimo de oferta M (US\$/tm)	493	68	646	85	805	90
Elasticidad precio:						
Oferta	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8
Demanda	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9
Tasa de crecimiento autónomo (%)						
Oferta	1.5	2.0	2.0	2.5	2.0	2.2
Demanda	2.1	2.5	2.2	2.7	2.0	2.2
Tasa de descuento (%)	10	10	10	10	10	10
Precio internacional de referencia (US\$/tm)	1450	190	1850	250	2300	250

a Los parámetros económicos se fijaron con base en estudios económicos sobre el desarrollo histórico de la ganadería regional: Jarvis, L (1986); Sanint et al. (1985); Rivas y Valdés (1978); Rubinstein y Nores (1980); Pinstrup-Andersen et al. (1976); FAO (1971); Janssen et al. (1990); Rivas y Pachico (1997)

Cuadro 7. **Valor presente de los beneficios tecnológicos derivados de la adopción de nuevo germoplasma de *Brachiaria* en Colombia, Centroamérica y México (Economía cerrada).**

Región/país	Valor en 2004 (millones de US\$)				Valor total (millones de US\$)	Valor carne + leche en 2003 (millones de US\$)	Beneficios tecnológicos (% valor de la producción)
	Carne vacuna			Leche			
	Ceba	D.P. ^a	Total	(D.P.)			
América Central	136.1	66.4	202.5	160.8	363.3	1273.0	29.4
Nicaragua	38.2	23.4	61.6	51.8	113.4	150.0	77.9
Costa Rica	34.0	12.0	46.0	32.9	78.9	329.0	24.8
Honduras	12.6	7.3	19.9	17.5	37.4	249.0	15.5
El Salvador	11.5	4.1	15.6	11.2	26.8	186.0	14.9
Panamá	20.3	8.3	28.6	21.6	50.2	153.0	33.8
Guatemala	19.5	11.3	30.8	25.8	56.6	206.0	28.3
Colombia	283.5	177.0	460.5	499.7	960.2	2241.0	42.8
Llanos Orientales	175.1	115.4	290.5	238.5	529.0		
Costa Norte	108.4	61.6	170.0	261.2	431.2		
México							
Región tropical	1410.4	158.0	1568.4	1262.8	2831.2	5983	47.3
Total	1837.6	405.0	2242.6	1923.3	4154.7	9497.0	43.9

a D.P. = sistema doble propósito

Cuadro 8. **Distribución de los beneficios de la adopción de germoplasma mejorado de *Brachiaria* por país, región, consumidores y productores (millones de US\$).**

Región/país	Carne vacuna			Leche			Total	
	Consumidor	Productor	Total	Consumidor	Productor	Total	US\$ (x10 ³)	%
Economía cerrada								
Centroamérica	169.0	33.5	202.5	138.0	22.8	160.8	363.5	8.7
Nicaragua	51.4	10.2	61.6	44.5	7.3	51.8	113.4	2.7
Costa Rica	38.4	7.6	46.0	28.2	4.7	32.9	78.9	1.9
Honduras	16.6	3.3	19.9	15.0	2.05	17.5	37.4	0.9
El Salvador	13.6	2.6	15.6	9.6	1.6	11.2	26.8	0.6
Panamá	23.9	4.7	28.6	18.5	3.1	21.6	50.2	1.2
Guatemala	25.7	5.1	30.8	22.1	3.7	25.8	56.6	1.4
Colombia	374.3	86.2	460.5	416.5	83.2	499.7	960.2	23.1
México	1313.1	255.3	1568.4	1054.3	208.5	1262.8	2831.2	68.1
Total	1856.4	375.0	2231.4	1608.8	314.5	1923.3	4154.7	100.0
Distribución (%)	83.2	16.8	100.0	83.6	16.4	100.0	—	—
Economía abierta								
Centroamérica	118.6	84.9	203.5	126.3	34.5	160.8	364.3	8.7
Nicaragua	36.1	25.8	61.9	40.7	11.1	51.8	113.7	2.7
Costa Rica	27.0	19.3	46.3	25.8	7.1	32.9	79.2	1.9
Honduras	11.7	8.4	20.1	13.7	3.8	17.5	37.6	0.9
El Salvador	9.1	6.6	15.7	8.8	2.4	11.2	26.9	0.6
Panamá	16.7	12.0	28.7	17.0	4.6	21.6	50.3	1.2
Guatemala	17.9	12.9	30.8	20.3	5.5	25.8	56.6	1.3
Colombia	324.8	136.4	461.2	213.6	294.7	508.3	969.5	23.1
México	811.3	775.8	1587.1	672.9	603.4	1276.3	2863.3	68.2
Total	1254.7	997.1	2251.8	1012.8	932.5	1945.3	4197.2	100.0
Distribución (%)	58.3	41.7	100.0	78.6	21.4	100.0	-	-

Cuadro 9. **Impacto de la apertura comercial en la distribución de los beneficios tecnológicos de pasturas mejoradas de *Brachiaria* en Colombia, Centroamérica y México.**

País/región	Participación de los consumidores (%)		Participación de los productores (%)	
	Tipo de economía			
	Cerrada	Abierta	Cerrada	Abierta
Centroamérica	84.5	67.2	15.5	32.8
Colombia	82.4	55.5	17.6	44.5
México	83.6	51.8	16.4	48.2
Total	83.4	54.0	16.6	46.0

Cuadro 10. **Sensibilidad de los beneficios tecnológicos ante cambios en supuestos críticos relacionados con la adopción de los nuevos materiales de *Brachiaria* en Colombia, Centroamérica y México (millones de US\$).**

Escenarios	Colombia		Centroamérica		México	
	Nivel de beneficios	Reducción porcentual ^a	Nivel de beneficios	Reducción porcentual ^a	Nivel de beneficios	Reducción porcentual ^a
10% de reducción en rendimientos potenciales de la nueva tecnología	750.1	21.9	297.0	18.2	2314.8	18.2
50% de reducción en el área meta a impactar con materiales forrajeros	505.0	47.4	187.5	48.4	1502.0	46.9
50% de incremento en el tiempo de adopción	680.3	29.1	255.1	29.8	1977.7	30.1
Escenario base	960.2		363.3		2831.2	

a Reducción con respecto al escenario base

Cuadro 11. **Elasticidad de los beneficios sociales con respecto a cambios en variables críticas de adopción de germoplasma mejorado de *Brachiaria* en Colombia, Centroamérica y México.**

País/región	Cambio porcentual en:			Cambio porcentual en beneficios sociales por:		
	Rendimientos	Área a impactar	Duración de adopción	Caída en rendimientos	Reducción del área a impactar	Menor celeridad en adopción
Colombia	-0.10	-0.50	-0.50	-0.219	-0.474	-0.291
Centroamérica	-0.10	-0.50	-0.50	-0.182	-0.484	-0.298
México	-0.10	-0.50	-0.50	-0.182	-0.469	-0.301
Elasticidad de los beneficios sociales con respecto a:						
País/región	Rendimientos		Área a impactar		Duración de la adopción	
Colombia	2.19		0.948		0.582	
Centroamérica	1.82		0.968		0.596	
México	1.82		0.938		0.602	

Cuadro 12. **Beneficios tecnológicos (millones de US\$) de la adopción de germoplasma mejorado de *Brachiaria* que recibirían los grupos más vulnerables de la población en Colombia, Centroamérica y México.**

País/región	Tipo de economía							
	Cerrada				Abierta			
	Valor presente de los beneficios capturados por:		Total grupos vulnerables		Valor presente de los beneficios capturados por:		Total grupos vulnerables	
	Consumidores más pobres	Productores pequeños	Millones de US\$	% del total	Consumidores más pobres	Productores pequeños	Millones de US\$	% del total
Centroamérica	78.1	20.1	98.2	27.0	62.5	39.3	101.8	27.9
Colombia	201.9	64.0	265.9	27.7	136.7	182.8	319.6	33.0
México	602.4	170.6	773.0	27.3	377.8	503.4	881.2	30.8
Total	882.4	254.7	1137.1	27.4	577.0	725.5	1302.5	31.0
Participación en (%): ^a								
Consumo	25.5	—	—	—	25.5	—	—	—
Producción	—	41.0	—	—	—	41.0	—	—

a Cifras tomadas de Janssen et al. (1990)

Cuadro 13. **Valor presente y anualidades de los beneficios sociales de la adopción de nuevo germoplasma de *Brachiaria* en Colombia, Centroamérica y México (millones de US\$).**

País/ región	Valor presente ^a	Anualidad ^a
Colombia	960.2	108.1
Centroamérica	363.3	40.9
Nicaragua	113.4	12.7
Costa Rica	78.9	8.9
Honduras	37.4	8.9
El Salvador	26.8	3.1
Panamá	50.2	5.6
Guatemala	56.6	6.4
México	2831.2	318.7
Total	4154.7	467.7

a Tasa de descuento: 10% anual