

CORRESPONDENCIA ENTRE EL DESARROLLO DE TECNOLOGIA PARA LA AGROINDUSTRIA DE LA PANELA¹ CON EL ALIVIO DE LA POBREZA Y LA PROTECCION DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES: EL CASO DE LA HOYA DEL RIO SUAREZ (COLOMBIA)

Gonzalo Rodríguez Borray² y María Verónica Gottret³

Resumen

En 1985 los gobiernos de Colombia y de los Países Bajos establecieron un convenio de cooperación para mejorar la agroindustria de la panela. El propósito del proyecto fue contribuir al mejoramiento del bienestar de las familias que dependen del cultivo de la caña y la elaboración de panela. El objetivo fue alcanzado mediante la generación y difusión de tecnologías apropiadas para el cultivo, el proceso y el uso de subproductos. La región de la Hoya del Río Suárez que produce el 30% de la panela colombiana fue seleccionada como zona piloto. En 1995 el proyecto fue extendido para ajustar y transferir la tecnología a las condiciones particulares de la región panelera del departamento de Cundinamarca.

La tecnología desarrollada permite reducir los costos de producción entre 13-37%, de acuerdo con las tecnologías adoptadas, y generó un excedente económico global de 61.3 millones de dólares americanos durante el período comprendido entre 1985 y 1998. Adicionalmente, el diseño de una hornilla mejorada permite reducir sustancialmente el uso de leña, las emisiones de CO, CO₂ y la contaminación con SO₂ producida cuando se utilizan llantas usadas como combustible.

Este artículo evalúa el proceso de adopción de la nueva tecnología, su impacto económico y su contribución a la protección de los recursos naturales. En el documento se analiza también el efecto de la tecnología sobre la pobreza y las condiciones de vida, basada en indicadores definidos por la propia comunidad beneficiaria del proyecto.

¹ La panela es un tipo de azúcar no centrifugado, producido bajo condiciones de agroindustria rural.

² Investigador Adjunto del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha. Corpoica, C.I. Tibaitatá, km 14 vía a Mosquera (Cundinamarca), Colombia. Telefax: 57 1 3443128, e-mail: grodriguez@corpoica.org.co

³ Economista Asociada del Proyecto de Desarrollo de Agroempresas Rurales. CIAT, Palmira (Valle), Colombia. Teléfono: 57 2 4450022, Fax: 57 2 4450073, e-mail: m.gottret@cgiar.org

¿Por qué desarrollar tecnología para panela?

La producción de panela ha sido tradicionalmente una de las principales actividades económicas en diferentes regiones de ladera de los Andes colombianos como estrategia productiva y de generación de ingresos para más de 70.000 familias de productores de caña de azúcar, en su mayoría de mediana y pequeña escala, que responden a una significativa demanda nacional de panela y a un consumo arraigado en los sectores rurales y urbanos, de todos los estratos socioeconómicos, especialmente de aquellos con menor capacidad adquisitiva.

La magnitud económica y social de la agroindustria de la panela puede expresarse a través de los siguientes indicadores: Representa una de las actividades más importantes de la economía campesina en Colombia; vincula cerca de 350.000 personas entre productores de caña, trabajadores del cultivo y el proceso, comercializadores y proveedores de insumos y servicios; genera el equivalente a 120.000 empleos permanentes; ocupa 226.000 ha para el cultivo de caña; dispone de 20.000 trapiches como infraestructura para la fabricación de panela; produce cerca de 1'200.000 TM de panela al año, valoradas en 550 millones de dólares; contribuye con el 6,7% a la formación del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola y participa con el 1,06% en el gasto en alimentos de la población colombiana.

Sin embargo y a pesar de su importancia, la agroindustria panelera tradicionalmente ha adolecido de una serie de problemas relacionados con la baja productividad agrícola y de proceso, la deficiencia en la calidad del producto, los impactos indeseables sobre el ambiente y los problemas de mercado y organización de los productores, todos los cuales se reflejan en las condiciones de pobreza de gran parte de sus productores y trabajadores.

Considerando la problemática productiva y la importancia de la panela para el desarrollo rural, en 1985 los gobiernos de Colombia y Los Países Bajos establecieron el Convenio para el Mejoramiento de la Industria Panelera, CIMPA, cuyo propósito fundamental fue contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de las familias campesinas que devengan sus ingresos del cultivo de la caña y la elaboración de panela, mediante actividades de generación, ajuste y divulgación de tecnologías apropiadas a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de las regiones paneleras del país.

Las estrategias y los retos

En una fase preparatoria del Convenio, mediante la participación de investigadores del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, se adelantó un estudio de caracterización socioeconómica y técnica de la producción panelera en las cuatro principales regiones productoras: Antioquia, Hoya del río Suárez (HRS), Cundinamarca y Nariño, con el fin de identificar una zona piloto en la que fuera

propicio ejecutar acciones de investigación y desarrollo de gran impacto y establecer allí un Centro de Investigación especializado, desde donde se generará tecnología aplicable a otras regiones paneleras del país y del exterior.

Los resultados de esta caracterización (García et al, 1983) mostraron a la HRS como la región más conveniente para el establecimiento de un Centro de Investigación debido, entre otras razones, a que allí se concentraba cerca del 30% de la producción nacional de panela, con una alta concentración de productores de caña y de trapiches. Además, se contaba con activos importantes como el trabajo interinstitucional previo del Programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI), con un desarrollo importante de infraestructura de servicios, y la presencia institucional del ICA y de otras entidades de apoyo a la producción, que facilitarían las acciones de investigación y desarrollo a emprender.

Este mismo estudio mostró la necesidad de desarrollar tecnologías que permitieran hacer más eficiente el procesamiento de la panela y ahorrar mano de obra, dadas las condiciones de emigración de la población rural y la rudeza de las labores de molienda, lo cual, desde ese entonces, provocaba una creciente escasez de trabajadores para el procesamiento de la caña. En particular se recomendaba mejorar la extracción de jugo en los trapiches, desarrollar modelos de hornillas que ahorraran combustibles adicionales al bagazo, aumentar la eficiencia en la labor de transporte de la caña, la cual representaba más del 15% de los costos de producción.

Con base en estas recomendaciones, en 1986 se construye en Barbosa, Santander, el Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Industria Panelera, CIMPA y se conformó un equipo multidisciplinario de 12 profesionales en las áreas de agronomía, ingeniería mecánica, química, agrícola, de alimentos, sistemas y economía, fijándose como reto alcanzar los siguientes objetivos básicos:

- Mejorar el nivel de vida de los productores y trabajadores de la agroindustria panelera.
- Aumentar los rendimientos mediante el desarrollo de tecnologías de cultivo y procesamiento.
- Reducir los costos de producción de panela.
- Utilizar mejor los subproductos de la caña y de su procesamiento.
- Disminuir el esfuerzo físico de los operarios.
- Aumentar la eficiencia de las hornillas, disminuyendo el consumo de leña y otros combustibles que causan daños ambientales.

Desde sus comienzos, el equipo desarrolló la estrategia de aprender del productor y, con su participación, identificar la complejidad de la problemática panelera, lo cual facilitaría los procesos de generación, ajuste y transferencia de tecnología y

garantizaría que las propuestas tecnológicas, al ser concebidas en forma participativa y con visión integral, tuvieran una buena aceptabilidad e impacto. Mediante un proceso sistemático de evaluaciones técnicas y económicas a fincas y trapiches, se establecieron parámetros de eficiencia pero, ante todo, se logró una interacción estrecha entre los productores y los investigadores que permitió identificar problemas no solo desde el punto de la producción y del proceso, pero también otros relacionados con el crédito, la organización, el mercado y otros sistemas de apoyo.

Las acciones y los productos tecnológicos

A partir de la problemática identificada se trabajó en el desarrollo, ajuste y transferencia de tecnologías apropiadas a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de la HRS. Las tecnologías desarrolladas contemplaron en forma integrada los aspectos de cultivo y procesamiento, dada la estructura verticalizada de la producción de panela en la región, en la cual los mismos cultivadores de caña, fabrican la panela en trapiches propios, mediante su alquiler o a través de contratos de aparcería.

Como producto de la investigación se desarrollaron diversas alternativas tecnológicas en las áreas de cultivo de caña, de elaboración de panela y de utilización de subproductos de cultivo y proceso, que puede resumirse en las siguientes:

- Variedades de caña, de buen rendimiento y calidad, tolerantes a problemas fitosanitarios y adaptadas a las condiciones regionales.
- Recomendaciones sobre el establecimiento de semilleros para la multiplicación de las variedades recomendadas y la renovación de cultivos.
- Recomendaciones sobre fertilización y abonamiento de suelos.
- Recomendaciones sobre control integrado de malezas.
- Recomendaciones sobre operación de equipos de molienda para elevar los niveles de extracción de jugo (ajuste de los molinos tradicionales y establecimiento de dos molinos en serie).
- Tanques prelimpiadores de jugo para mejorar la calidad de la panela y disminuir el uso de aditivos.
- Hornillas energéticamente eficientes que permiten eliminar o disminuir sustancialmente el uso de combustibles adicionales al bagazo, como leña, carbón y/o llantas usadas, con lo cual se mitigan los problemas ambientales de deforestación, erosión, contaminación del aire y calentamiento del planeta.
- Hornillas con cámaras de combustión tipo Ward-CIMPA, que además de las ventajas de la anterior, permiten la utilización de bagazo húmedo, reduciendo los costos para su secado y haciendo más flexible la realización de las moliendas.
- Recomendaciones para el mejoramiento de la calidad y desarrollo de nuevas alternativas de presentación y uso de la panela.

- Pailas para la producción de "melote" a partir de la "cachaza", generando una alternativa para la valorización de un subproducto, que antes implicaba un residuo contaminante de suelos y aguas.
- Recomendaciones para la utilización del melote en programas de alimentación animal, especialmente de cerdos y pollos de engorde, como una alternativa de generación de ingresos adicionales para la familia campesina y el mejoramiento de su dieta alimenticia.

Esta oferta tecnológica fue soportada con actividades permanentes de evaluación y seguimiento y con estudios socioeconómicos sobre aspectos de producción, distribución y consumo de panela al nivel regional y nacional, para garantizar la viabilidad de las recomendaciones tecnológicas y orientar los procesos de investigación y de transferencia. La tecnología generada fue específica para las condiciones socioeconómicas y agroecológicas de la Hoya del río Suárez, difundándose en forma amplia en esta región, y puntualmente, a otras regiones del país y a algunos países de América Latina.

En 1995, a raíz de las recomendaciones de una misión de evaluación de transferir en forma más sistemática los resultados a otras regiones del país, se firmó una nueva etapa del Convenio con el gobierno de los Países Bajos, actuando la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, como contraparte colombiana. Esta nueva etapa, vigente hasta diciembre de 1996, consistió en la ejecución del "Plan de Ajuste y Transferencia de Tecnología Panelera en Cundinamarca", cuyos propósitos fundamentales fueron: (1) adaptar la tecnología generada por CIMPA a las condiciones específicas de Cundinamarca, y (2) realizar un intenso trabajo de difusión de la tecnología. La respuesta de los productores de esta región fue positiva hacia la introducción de la tecnología, teniéndose como principal efecto haber vencido la inercia de una región que tradicionalmente no contó con apoyo tecnológico para la producción panelera.

Dada la importancia de la agroindustria panelera y la envergadura de las acciones desarrolladas para su mejoramiento tecnológico, en 1998 CORPOICA y el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, con el apoyo financiero del Fondo de Donaciones Menores del CIID, emprendieron una investigación conjunta con el fin de evaluar la adopción de la tecnología panelera y los impactos económicos y sociales derivados de ésta en las dos principales regiones paneleras del país, de valorar el retorno de las actividades de investigación, desarrollo y extensión de la tecnología, pero, sobre todo, con el propósito fundamental de brindar información básica que permita reorientar las nuevas acciones que en materia de tecnología panelera se deban adelantar para contribuir a la disminución de la pobreza campesina y al fortalecimiento y modernización de este importante sector de agroindustria rural.

El impacto económico de la tecnología

El impacto económico de la tecnología desarrollada para la agroindustria panelera se puede medir al nivel microeconómico, es decir el efecto al nivel de la unidad de producción y procesamiento (unidad finca-trapiche) y al nivel macroeconómico, o sea al nivel regional y/o nacional.

Para la medición del impacto al nivel de unidad finca-trapiche se siguieron los siguientes pasos: (1) estratificación de las unidades por estrato tecnológico, (2) recolección de información primaria sobre costos de producción de panela a una submuestra estratificada de unidades finca-trapiche, (3) análisis de los costos de producción de panela por nivel tecnológico, y (4) cálculo del impacto económico a nivel finca-trapiche.

Como lo muestra el Cuadro 1, se agruparon cinco estratos considerando sus niveles de adopción, desde aquellos que adoptaron todo el conjunto de recomendaciones y tecnologías (Nivel 1) hasta aquellos que no adoptaron ninguna de éstas (Nivel 5), esto en razón a que es imposible diferenciar los efectos de cada tecnología en particular, dado que en la práctica los productores combinan varias tecnologías o recomendaciones que tienen efectos simultáneos.

Cuadro 1

Los resultados de la estratificación por niveles tecnológicos muestran que el 76% de los productores paneleros de la HRS adoptaron en algún grado la tecnología generada por el Convenio y su producción representa cerca del 82% del total de la panela producida regionalmente. Para el caso de Cundinamarca, donde el proceso de ajuste y transferencia de tecnología lleva solo 5 años, el 21% de los procesadores adoptaron en algún grado la tecnología generada por Corpoica, y estos productores tienen una participación en la producción del 27%.

Del análisis del Cuadro 2, se puede apreciar que con la aplicación del nivel tecnológico más alto se logra un aumento del 236% en el rendimiento de panela por hectárea cosechada, el cual es un efecto combinado del incremento en el rendimiento de caña por hectárea y del aumento de la conversión de caña a panela.

Cuadro 2

El efecto de la adopción de tecnología se refleja en una disminución del costo de producción por tonelada de panela y en ingresos adicionales por la producción de melote. Los beneficios debidos al cambio tecnológico están en función directa a la introducción de tecnologías más completas, tanto agronómicas como de procesamiento. Se observa que aquellos productores de mayor nivel tecnológico obtienen un beneficio de \$207.214/t de panela, atribuible a la introducción de tecnología y el cual representa cerca del 53% del beneficio total generado en su

actividad productiva y significa una reducción de costos del 36,7% respecto a las unidades no adoptantes de tecnología. En aquellos productores de más baja adopción (Nivel 4) también se aprecian beneficios significativos, equivalentes a \$74.163/t de panela, atribuibles a la introducción de prelimpiadores, que les permite reducir costos en aditivos del proceso (blanqueadores y colorantes) y/o a la producción de melote, que les permite recibir ingresos adicionales por su venta o aprovechamiento en la finca. Para este nivel tecnológico el beneficio atribuible a la tecnología representa cerca del 29% del beneficio total generado en su actividad productiva y una reducción del costo de producción del 13,1%.

Como puede apreciarse, la tecnología tiene un gran impacto sobre la composición de los costos de producción, pues a medida que el nivel tecnológico es más alto, aumenta la intensidad de uso de capital y disminuye el uso relativo de trabajo. Se aprecia que la participación del uso de insumos no se ve muy afectado por el nivel tecnológico.

De lo anterior, se puede concluir que la tecnología generada y difundida por CIMPA para la HRS tuvo un significativo impacto sobre los ingresos de las unidades productoras y presenta un sesgo ahorrador de trabajo e intensivo en el uso de capital, el cual respondió a una situación de creciente escasez de mano de obra para el trabajo rural en la región.

La metodología utilizada para la evaluación del impacto del proyecto a nivel regional y nacional está basada en Alston et. al (1995). La Figura 1 muestra la estructura del modelo utilizado para éste análisis. Con base en la estratificación por nivel tecnológico, se definen cuatro niveles de tecnología del 2 al 5 (el nivel 1 se define como la tecnología tradicional), los cuales pueden ser adoptados y utilizados en las regiones de producción. Se definen entonces tres regiones de producción: (1) la Hoya del río Suárez, para la cual la tecnología fue diseñada y donde las actividades de investigación y desarrollo fueron más intensivas; (2) Cundinamarca, en la cual se dieron actividades más recientes de ajuste, transferencia y difusión de la tecnología desarrollada para la Hoya del río Suárez, y (3) el resto de Colombia, donde no se desarrollaron actividades de investigación y desarrollo en forma sistemática. Finalmente, la producción en éstas tres zonas va a suplir la demanda de todo el país. Este modelo no considera exportaciones a otros países ya que esta actividad es todavía bastante marginal (0.2% de la producción se exporta actualmente). En el Apéndice A se incluyen los Cuadros A1-A4, los cuales contienen la información de entrada que se utilizó para estimar el modelo de excedentes económicos.

Figura 1

Los beneficios estimados en pesos colombianos de 1998 (1US\$ = 1,500 \$Col.) se reportan en el Cuadro 3. Estos resultados muestran que las actividades de investigación y desarrollo en panela realizadas por CIMPA-CORPOICA entre 1985-98 generaron beneficios equivalentes a 92 mil millones de \$Col de 1998 (61.3 millones de US\$). Estos beneficios se repartieron casi por igual entre

productores y consumidores (45 y 55%, respectivamente). Cuando éstos beneficios se distribuyen entre los productores de las diferentes regiones productoras de Colombia, se puede observar, como era de esperarse, que el 56% de los beneficios totales a sido para los productores de la Hoya del río Suárez. Los productores de Cundinamarca que adoptaron algunas de la recomendaciones también fueron beneficiados, aunque recibieron una participación menor de los beneficios (5.5%). Por otra parte, los productores de panela del resto del país fueron afectados por la tecnología. El aumento en la producción por efecto de la tecnología tiene un efecto negativo en los precios del producto, el cual es más que compensado por la reducción en los costos de producción. Sin embargo, los productores que no adoptan la tecnología se ven afectados por la reducción en precios ya que mantienen sus costos de producción más elevados.

Cuadro 3

Si se considera que el valor presente neto de la inversión en las acciones de investigación y desarrollo durante el periodo 1985-98 fue de 4,958 millones de \$Col (3.3 millones de US\$) se estima que la tasa interna de retorno a la inversión fue del 76%.

Al analizar las tendencias regionales de la producción de panela, el área cosechada en caña y los rendimientos de panela por área cosechada (Figuras 2, 3 y 4) puede observarse que la producción de panela en la HRS y Cundinamarca fue bastante dinámica durante el periodo de 1982-98, durante el cual creció a una tasa promedio anual del 4.5 y 3.5%, respectivamente. Por el contrario, en el resto del país, la producción de panela disminuyó a una tasa promedio anual de -0.7%. Sin embargo, cuando estos datos se desglosan en cambios en área y rendimiento, se puede observar que el aumento de la producción de panela en la HRS es atribuible completamente al aumento de los rendimientos de panela por hectárea en 5.8%, pues el área cosechada en caña disminuyó a una tasa promedio anual del -1.3%. En contraste, en Cundinamarca el crecimiento de la producción se debió más al incremento en el área cosechada, de 2.9% anual, pues el rendimiento solo se incrementó a una tasa de 0.6% anual. Para el resto de regiones paneleras de Colombia, en conjunto, se observa un relativo estancamiento de la producción debido a que las áreas cosechadas y los rendimientos disminuyeron a una tasa media anual del 0.1% y 0.6%, respectivamente. Estas tendencias son congruentes con el efecto de la introducción de cambios tecnológicos regionales.

Figuras 2, 3 y 4

El Efecto de la tecnología sobre las condiciones de bienestar

El objetivo final o de desarrollo de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico normalmente es el de contribuir a mejorar la calidad de vida o el

bienestar de la población objetivo. Por esta razón se hace importante no solamente evaluar si la tecnología desarrollada fue adoptada, y si esta generó ingresos adicionales, sino también si estos ingresos fueron distribuidos equitativamente entre los diferentes actores sociales. Además, es importante determinar en que medida estos ingresos adicionales se ven reflejados en una mejor calidad de vida de la población.

El término “calidad de vida” ó “bienestar”, o su antónimo “pobreza”, son términos muy amplios, los cuales necesitan ser especificados en indicadores que puedan ser observados, y a la vez relacionados con intervenciones específicas. Entonces, para poder evaluar el impacto social del proyecto, primero se identificaron indicadores de bienestar, de acuerdo con la percepción local de los pobladores de las zonas paneleras estudiadas. Para determinar éstos indicadores se utilizó la metodología de ranqueo de niveles de bienestar (Grandin, 1988 y Ranvborg, 1997).

Teniendo en cuenta que existen diferencias en la percepción de calidad de vida entre una comunidad y otra, se identificaron elementos de muestreo que permitieran establecer indicadores de bienestar que no solamente describieran las condiciones de la colectividad muestreada sino que fueran válidos para el conjunto de comunidades del área de influencia del proyecto. Con este objetivo, se definieron los siguiente factores de muestreo: (1) condiciones agroecológicas, (2) vías de acceso, (3) presencia institucional, (4) nivel de adopción de tecnología, (5) oportunidades de empleo diferentes a las agrícolas, y (6) tipo de productor.

Este muestreo permitió identificar y seleccionar cuatro municipios en la Hoya del río Suárez (Charalá, Güepsa, San José de Pare y Chitaraque). Una vez seleccionados los municipios, se escogieron las comunidades teniendo en cuenta los siguiente criterios: (1) importancia de la caña como cultivo eje del sistema productivo; (2) heterogeneidad de productores y otros actores sociales (aparceros, propietarios de trapiche, propietarios de caña sin trapiche, vivientes, trabajadores de campo y molienda, entre otros); (3) un número de familias entre 40 y 100 para facilitar el uso de la metodología.

Una vez seleccionadas las comunidades, se definió como unidad de análisis la familia, y ésta a su vez como un grupo de personas que comparten un mismo lugar de vivienda, con algún nivel de parentesco. Con base en esta definición se llevo a cabo un inventario de las familias que viven en la comunidad.

Los informantes claves en cada comunidad se seleccionaron con base en los siguientes criterios: (1) tiempo de permanencia en la vereda; (2) representación de una fracción amplia de la vereda en aspectos como género, posición social, y nivel de bienestar; (3) participación en actividades comunitarias; y (4) nivel de reconocimiento y liderazgo. Una vez seleccionados los informantes claves, se realizaron un total de 52 entrevistas.

En el Cuadro 4 se presenta un resumen de los resultados del ejercicio de identificación de percepciones locales de bienestar en las dos regiones paneleras sujeto del estudio. Estos resultados muestran claramente que la posesión de tierra y su extensión es el indicador más importante para definir nivel de bienestar en las áreas rurales. Por otra parte, por ser ésta una región básicamente cañera, indicadores como la posesión de trapiche y la importancia del cultivo de caña en la finca son también de importancia.

Cuadro 4

En el Cuadro 5 se relacionan los niveles tecnológicos de las unidades productivas finca-trapiche, con los niveles de bienestar de sus dueños de acuerdo con los indicadores locales de bienestar definidos. En general se puede observar que los productores de panela con niveles altos de tecnología (nivel 1 y 2), son aquellos con mayor nivel de bienestar. Adicionalmente, todos los productores de caña que tienen trapiche, inclusive aquellos con nivel tecnológico medio (nivel 3) y bajo (niveles 4 y 5), son productores con niveles de bienestar mayores que el resto de la población. Como es de esperarse los dueños de trapiche que adoptaron la tecnología fueron los principales beneficiarios.

Cuadro 5

Algunos testimonios recogidos de diferentes actores refleja su percepción sobre las diferentes tecnologías.

"... la hornilla tiene sus ventajas y es que rinde la molienda, eso se traduce en más cantidad en menos tiempo y con el mismo personal, lo que significa un ahorro en comida y tiempo, además los obreros trabajan más descansados, aquí por lo menos hay dos turnos y se relevan cada seis horas al relimpiador y hornillero, los preneros y silleros descansan, cada tres cuatro horas" (Charalá, propietario con trapiche).

"... por el rendimiento de la hornilla cuando la panela vale si queda para invertirla a la misma finca, a la caña, para comprar de pronto ganado, para el estudio de los hijos porque eso toca mandarles cuando estudian lejos" (Ocamonte, propietario de trapiche).

Los resultados del análisis también muestran que la adopción de tecnología por parte de los dueños de trapiche benefició también a otros actores sociales con menores niveles de bienestar, como son los dueños de caña sin trapiche, los aparceros y trabajadores de caña y molienda.

En general, la tecnología de cultivo llegó de manera igual a aparceros y dueños de caña sin trapiche, como a los dueños de trapiche. De acuerdo con el análisis de los determinantes de adopción, se concluyó que la tenencia de trapiche no es un factor determinante en la adopción de tecnología de cultivo. Adicionalmente, el sistema de maquila que utilizan los aparceros y dueños de caña sin trapiche para

procesar su caña, hace que éstos también disminuyan sus costos de procesamiento.

"... pa´ uno sale mejor moler en estas hornillas, porque se esta ahorrando en costo, lo que se hace en las otras en una semana en esta en cuatro, cinco días...claro la maquila es más cara pero con lo que se saca compensa" (Barbosa, dueño de caña sin trapiche).

"... lo ayudan a uno por el rendimiento y al ahorrar en muchas cosas en la hechura de la panela, en el costo de la comida, en el material que consume, en cada molienda de más de una tercera parte" (Santana, aparcerero)..

y aumenten su rendimiento, y por lo tanto, sus ingresos.

"... en esta región hacia falta un molino como éste, este molino es de lo mejor que ha habido por aquí, no se había visto molino así, porque tocaba bregar mucho y se le perdía a una molienda hasta \$ 600.000 pesos, yo me acuerdo que a una molienda le perdí \$ 1.000.000 de pesos no alcanzó la plata para nada, no rendía moler ni nada, tocaba sacar plata de un algún lado para pagar, mientras aquí se hacen 500 cajas rapiditico" (Güepsa, Dueño de caña sin trapiche).

".... porque rinde se hacen muchas más cargas y claro se saca más panela con el mismo personal eso es un ahorro para uno, y cuando la panela coge buen precio se gana mucha más plata, que eso es una ayuda porque le alcanza a uno pa´ comprar el mercado, meterle a la caña y echar un huertal por ahí de yuca, pa´ uno que otro obrero para la finca, pa´ darle escuela a los hijos al que le gusta porque echan a trabajar y les gusta es más la plata" (Charalá, aparcerera).

Otro cambio importante fue en la organización, carga, calificación y ritmo de trabajo. En cuanto al cultivo de la caña, el establecimiento de semilleros resultó en la eliminación de la labor de descogollado de la caña, pero a la vez exigió del trabajador un manejo y conocimiento más técnico. Por su parte, la introducción de nuevas variedades significó cambios en las épocas de siembra y corte, número de control de malezas, y la aplicación y dosis de fertilizantes. Estos cambios implicaron la necesidad de un manejo más técnico del cultivo, y una mayor planeación y supervisión de las labores de campo. Para el caso de la molienda, la incorporación de la tecnología de hornillas con cámara Ward-CIMPA conllevó la eliminación de labores como el transporte del bagazo verde a la bagacera. Adicionalmente, se incrementó la carga de trabajo en la actividad de prensado de la caña, al incluirse en esta función el mantenimiento y limpieza del prelimpiador. Se disminuyó considerablemente el tiempo de residencia de los jugos en la hornilla y, por lo tanto, el tiempo para las operaciones de limpieza, clarificación, evaporación y concentración, lo cual exige una mayor destreza y rapidez del trabajador.

Otro puesto en el que se aumentó el nivel de calificación y especialización fue en la alimentación y suministro de bagazo a la hornilla ya que las hornillas mejoradas

requieren una mayor regularidad y dosificación en el suministro de bagazo a la hornilla, así como un mejor conocimiento acerca de su funcionamiento.

En general, se puede concluir que la adopción de tecnología de producción de caña y molienda resultó en la eliminación y reorganización de algunas labores de cultivo, y el aumento en la carga de trabajo en algunas operaciones de molienda. Además, la nueva tecnología implicó una demanda por trabajadores con un conocimiento y manejo más especializado tanto en la producción como la molienda, una mayor planeación y supervisión de las actividades, y la necesidad por elaborar registros técnicos y contables.

A pesar de que se esperaría que la eliminación de ciertas actividades de cultivo y molienda afecta de manera directa a los trabajadores de cultivo, provocando su desplazamiento hacia otras regiones y/o actividades productivas, este no fue el caso. En la región existe un grave problema de escasez de mano de obra, lo cual se constituyó en una de las principales limitantes para el desarrollo de la agroindustria panelera en la región. Adicionalmente, existe una tendencia hacia una mayor especialización y calificación del trabajador en las diferentes labores.

Por otro lado, debido a que el pago a los trabajadores de molienda, y en ciertos casos de campo, es por destajo (o sea de acuerdo con la producción), ellos ven sus ingresos aumentados considerablemente cuando trabajan en unidades con niveles altos de tecnología, a pesar de que en algunas actividades se aumentó la carga de trabajo.

"... aquí toca echar más rápido la caña porque la muele rápido, no se puede ir al despacio, pero rinde más la molienda y uno gana" (San José de Pare, trabajador de molienda).

"... en estos molinos en una semana que uno trabaje se sacan las doscientas cargas y uno se alcanza a sacar sus cien mil pesitos,, y si uno es juicioso y trabaja seguido alcanza a ahorrar para comprarse una vaquita, un marrano, para el mercado, para los hijos y para tomarse sus cervezas, pues pa' eso se jode uno trabajando... ahí no en esos otros no rinde y el trabajo es más duro porque tocar casear el guarapo, además como este molino trabaja con bagazo del molino se puede moler seguido y hay trabajo de seguido" (Guëpsa, trabajador de molienda).

"... yo vivo agradecido con el trabajo de molino, porque me estaban vendiendo una finca en 20 millones y la compre..... yo tengo un hijo en el colegio, trabajando en estos trapiches si que da más y se le puede dar estudio a los hijos...es que con estas hornillas así de rendilonas si que queda plata" (Barbosa, trabajador de molienda).

Por otra parte, la incorporación de la tecnología representó un mayor nivel de satisfacción con esta actividad en la medida que no se percibe en el productor interés por cambiar de actividad productiva. A su vez los productores que incorporaron la tecnología gozan de un mayor prestigio y nivel social, el cual se ve

reflejado en la imagen y el reconocimiento que hacen los vecinos de éstas fincas. Estos trapiches son considerados como de alto rendimiento, alta capacidad de producción, y aquellos a donde los trabajadores les gusta ir. Sin embargo, esta situación también implicó un cierto rechazo y conflicto con otras unidades no tecnificadas y vecinos, principalmente por la competencia en la consecución de trabajadores y la restricción al acceso a subproductos como la cachaza, la cual normalmente se regala, y es una importante fuente de alimentación de animales en fincas vecinas.

En resumen, se puede afirmar que las tecnologías propuestas de mayor productividad como las referentes al cultivo, al mejoramiento de la extracción y a las hornillas mejoradas, fueron bien aceptadas por todos los actores productivos, pues son congruentes con los sistemas regionales característicos de remuneración al trabajo de acuerdo con la producción, el pago de alquiler en función de la producción y el reparto del producto con los aparceros en proporciones preestablecidas. Si bien las tecnologías de hornillas mejoradas y de dos molinos en serie requieren inversiones que solo pueden ser hechas por los dueños de trapiche con mejor bienestar relativo, los demás actores vinculados a estas unidades productoras se ven beneficiados directamente al recibir mayores ingresos de su actividad.

Por su parte, las tecnologías de prelimpiadores, pailas meloterías, así como las recomendaciones para el aprovechamiento del melote en programas de alimentación animal, que implican costos menores de inversión, fueron aceptadas por los productores de las diferentes escalas debido al beneficio que representan en el mejoramiento de la calidad de la panela y en la generación de nuevos ingresos para los productores, además para los trabajadores regionales se generan nuevas posibilidades de empleo en actividades de producción pecuaria ligadas al melote.

El impacto de la tecnología en hornillas sobre el ambiente

A partir de la evaluación de emisiones atmosféricas en 13 trapiches seleccionados en la HRS y estratificados según el tipo de hornilla, se pudo establecer el impacto de la tecnología sobre la contaminación de aire y la presión sobre el recurso forestal (Cuadro 6).

Cuadro 6

Se puede observar que la emisión de material particulado filtrable (ollín) es mayor en las hornillas tradicionales, siendo inferior en las hornillas con cámara Ward-Cimpa en un 29.6% y en las hornillas mejoradas en un 23.7%.

La emisión de gases nitrogenados (Nox) también es menor de acuerdo con el grado de tecnificación de la hornilla, siendo inferior en las hornillas Ward-Cimpa en un 29.6% y en las hornillas mejoradas en el 23.8%.

La emisión de monóxido de carbono (CO) disminuye con las hornillas Ward-Cimpa en el 46.4% y con las hornillas mejoradas en el 14.3%. Es de destacar que el monóxido de carbono es uno de los compuestos más contaminantes de la atmósfera y es producido por la combustión deficiente de los materiales. Como es lógico, al mejorarse la cámara de combustión de las hornillas, aumenta la eficiencia de combustión y disminuye la emisión de CO. Se observa que las hornillas mejoradas también aumentan la eficiencia de combustión pero emiten un 85% más de monóxido que las hornillas con cámara Ward-Cimpa.

La emisión de dióxido de carbono (CO₂) no muestra un comportamiento continuo de acuerdo con el grado de tecnificación de la hornilla, dado que las hornillas Ward-Cimpa emiten un 28.4% más de este compuesto respecto a las hornillas mejoradas. Estas últimas son las que presentan menores niveles de emisión de CO₂, disminuyendo la emisión en 23.1% respecto a la de las hornillas tradicionales. El CO₂ es aprovechado por las plantas en su proceso de fotosíntesis y por esto es recomendable analizar cuánto de estas emisiones puede ser capturado en los sistemas de producción agrícola de la región y particularmente por el mismo cultivo de la caña.

Los niveles de emisión de vapor de agua son similares en los tres tipos de hornilla, lo cual es bastante lógico si se tiene en cuenta que la caña no varía su contenido de humedad de acuerdo con la hornilla. Es interesante notar la gran cantidad de agua que se emite a la atmósfera (cerca de 4 veces el peso de la panela producida) el cual contribuye a regular los regímenes de lluvias en las regiones paneleras.

En lo que se refiere al uso de combustibles adicionales al bagazo, como leña y llantas usadas se pudo establecer que el mejoramiento de la eficiencia en la combustión y en la transferencia de calor de las hornillas permite eliminar, o por lo menos reducir en cerca del 94%, la utilización de leña, que origina problemas de deforestación, erosión y cambio en los regímenes hídricos regionales, y eliminar la utilización de llantas usadas, las cuales al ser quemadas generan compuestos azufrados, que en altas concentraciones pueden dar origen a lluvias ácidas.

Cabe anotar que el trabajo no pretendió la valoración económica de los impactos ambientales de la tecnología, sino un acercamiento hacia el establecimiento y medición de algunos indicadores del efecto de la tecnología sobre los recursos de naturales.

Conclusiones y recomendaciones

Las acciones emprendidas por el Convenio entre Colombia y Holanda para el Mejoramiento de la Industria Panelera constituye uno de los mayores esfuerzos que se han realizado en los últimos años para favorecer el desarrollo socioeconómico y tecnológico de una agroindustria de carácter eminentemente rural y puede ser considerado como modelo a replicar en otras regiones paneleras del país y del exterior.

Se destaca en el modelo analizado la interacción estrecha entre productores e investigadores para identificar los problemas y evaluar conjuntamente las alternativas de solución. Así, las propuestas tecnológicas responden a una problemática identificada en conjunto y aunque se desarrollan parcialmente en el Centro de Investigación, siempre son evaluadas bajo las condiciones reales en fincas y trapiches de productores que están dispuestos a "arriesgar" para mejorar su producción. Estas unidades de prueba y ajuste de la tecnología, se convierten luego en unidades de demostración para la transferencia de tecnología a otros productores y técnicos extensionistas.

La identificación conjunta con los diversos actores de las demandas por tecnología y la profundización en el conocimiento de la cadena agroindustrial en su conjunto, permitieron desarrollar un menú amplio de alternativas tecnológicas que han favorecido la distribución equilibrada de sus beneficios entre diferentes estratos de actores regionales: proveedores de insumos y servicios productores de caña y de panela de diversas escalas, aparceros y trabajadores de cultivo y de proceso.

El modelo desarrollado ha mostrado cómo a través de la generación y difusión de tecnologías de transformación de alto costo de inversión, como las hornillas mejoradas y el establecimiento de dos molinos en serie, que en primera instancia favorecen a los actores regionales de mayor nivel de bienestar (dueños de trapiche), bajo las condiciones de organización de la producción que remuneran el trabajo de acuerdo con su productividad (pago a destajo, alquiler de trapiches con pago por producto obtenido, contratos de aparcería con proporciones preestablecidas de distribución del producto), se logran distribuir los beneficios entre otros actores más pobres (trabajadores, aparceros y productores de caña sin trapiche).

Se puede afirmar que en su conjunto, la oferta tecnológica desarrollada fue integral pues abarcó diferentes fases del sistema productivo (cultivo, proceso y utilización de subproductos en actividades pecuarias), brindando alternativas para la reducción de costos y la diversificación de los ingresos campesinos.

La pobreza fue atacada mediante el escalamiento de las tecnologías ofrecidas, las cuales fueron adoptadas y apropiadas por parte de los diferentes tipos de productores, con significativos impactos sobre su bienestar y la preservación del medio ambiente.

A pesar de esto se considera como una externalidad negativa el hecho que el desarrollo tecnológico logrado en los últimos trece años para la HRS y más recientemente para Cundinamarca, puede haber contribuido a un deterioro en las condiciones de vida de otras regiones paneleras (vía disminución del precio de la panela) en las cuales no se ha adelantado un proceso sistemático y masivo de ajuste y transferencia tecnológica.

De lo anterior se desprende la inminente necesidad de diseñar un Plan Estratégico para el fortalecimiento y modernización de la agroindustria panelera colombiana, que favorezca una mayor cobertura y expansión del impacto generado hasta el momento y propicie el desarrollo equilibrado de las regiones paneleras del país. Tal estrategia, de acuerdo con talleres recientemente realizados con productores paneleros del país, debe contemplar no solo el componente de desarrollo tecnológico, sino también el desarrollo de mercados y el fortalecimiento empresarial y gremial, para enfrentar en una forma coordinada los nuevos retos que aparecen en el horizonte de apertura y globalización.

Cuadro 1 Estratificación de la unidades de producción y procesamiento de panela en la Hoya del río por nivel de tecnología de procesamiento.

Nivel1				
2.0% de las unidades (6.3% de la producción)	Nivel 2			
Dos molinos en serie	3.9% de las unidades (7.5% de la producción)	Nivel 3		
Hornilla tipo Ward	Hornilla tipo Ward	16.7% de las unidades (22.6% de la producción)	Nivel 4	
Paila melotera	Paila melotera	Hornilla mejorada con paila melotera	53.1% de las unidades (45.3% de la producción)	Nivel 5
Pre-limpiador con más de una tabla retenedora	Pre-limpiador con más de una tabla retenedora	Pre-limpiador con más de una tabla retenedora	Pre-limpiador con más de una tabla retenedora	23.4% de las unidades (18.3% de la producción)

Cuadro 2. Impacto económico de la tecnología panelera al nivel de unidades finca-trapiche en la HRS, 1998.

Concepto	Nivel de Tecnología				
	1	2	3	4	5
Factor de conversión de caña a panela (%)	11.5	12.2	12.1	10.4	10.9
Producción de panela (t/ha)	16.3	13.1	11.8	8.5	6.9
Costo de producción (\$/t de panela)	357,105	415,381	458,159	490,156	564,319
% mano de obra	59.1	70.7	67.4	66.3	67.4
% insumos	21.0	14.1	18.5	20.0	21.9
% capital	19.9	15.8	14.1	13.7	10.6
Beneficio total (\$/t de panela)	392,895	334,619	291,841	259,844	185,681
Rentabilidad neta (%)	104.0	75.4	59.0	48.6	29.1
Beneficio debido al cambio tecnológico (\$/t de panela)	207,214	148,938	106,160	74,163	0

Cuadro 3. Beneficios económicos de la tecnología panelera en Colombia por grupo de interés, 1985-98.

Grupo de la Sociedad	Beneficios de la tecnología mejorada de panela en Colombia	
	Millones de \$Col 1998	% del total de los beneficios
Productores de la Hoya del río Suárez	51,174	55.6
Productores de Cundinamarca	5,050	5.5
Productores de otras regiones de Colombia	-14,690	-15.9
Total productores de panela en Colombia	41,534	45.1
Consumidores de panela en Colombia	50,465	54.9
Beneficios Totales	91,999	100.0

Cuadro 4. Indicadores de bienestar en la Hoya del río Suárez, según percepciones locales en orden de importancia, 1998.

CATEGORIAS DE BIENESTAR	INDICADORES DE BIENESTAR
Acceso a tierra	Tenencia de la tierra Area de finca
Posesión de trapiche	Poseer o no trapiche
Importancia de la caña en el sistema productivo	% del área de finca dedicada al cultivo de caña
Posesión de otros bienes ⁴	Posesión de ganado y otros bienes
Vivienda	Posesión Materiales de la construcción Presencia de servicios públicos
Capacidad para contratar mano de obra	Número de trabajadores contratados/unidad productiva
Capacidad de tener aparceros	Area de caña en aparcería Número de aparceros

⁴ Con base en Ranvborg, 1997, se agruparon bajo la categoría de "posesión de otros bienes" la posesión de ganado, automóviles, capital en el banco, establecimientos comerciales y otras inversiones.

Cuadro 5. Características de las unidades finca-trapiche, de acuerdo con el nivel tecnológico y los indicadores locales de bienestar, Hoya del río Suárez, 1998.

Criterio de Bienestar	Indicador	Nivel tecnológico				
		1	2	3	4	5
Acceso a tierra	Tenencia de la tierra (% propia)	82	68	52	48	38
Tamaño de la finca	Area promedio de finca (ha)	75	90	49	40	23
Posesión de trapiche	Producción de panela (kg/año)	517,500	306,760	220,295	137,195	114,723
Importancia de la caña en el sistema productivo	% del área en cultivo con caña	82.0	68.4	52.2	49.8	37.6
Posesión de otros bienes	Bienes que posee	<ul style="list-style-type: none"> • Ganado • Carro • Negocios • Inmuebles 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganado • Carro • Negocios • Inmuebles 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco Ganado • Carro • Negocios • Inmuebles 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco Ganado • Carro • Inmuebles 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco Ganado • Carro • Inmuebles
Vivienda	Calidad de la vivienda	Buena	Buena	Buena	Regular	Regular
Capacidad para contratar mano de obra	Número de trabajadores contratados	Alto	Alto-medio	Medio	Medio	Medio-bajo
Capacidad para tener aparceros	Número de aparceros promedio	3.0	8.5	6.2	4.9	5.4
Capacidad de moler frecuentemente	Número de moliendas/año	30	18	14	11	5

Cuadro 6. Emisiones atmosféricas en la producción de panela en la HRS, según tipo de hornilla. 1998.

Parámetro de emisión	H. Tipo Ward-Cimpa	H. Mejorada	H. Tradicional
Material particulado filtrable (kg/t panela)	24.98	27.09	35.50
Nox (kg/t panela)	1.92	2.08	2.73
CO (kg/t panela)	472	872	1,018
CO2 (kg/t panela)	2,078	1,618	2,103
Vapor de agua (kg/kg panela)	4.00	3,80	3.90

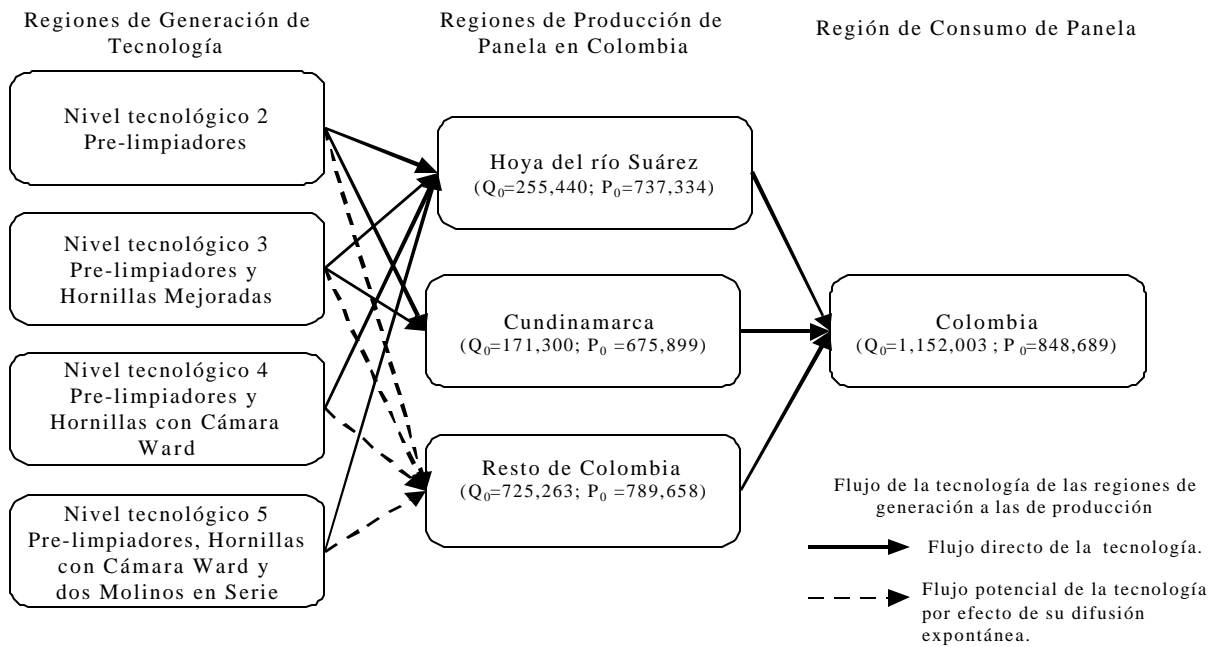


Figura 1. Estructura del modelo para la estimación de los beneficios económicos de la tecnología de panela de Colombia

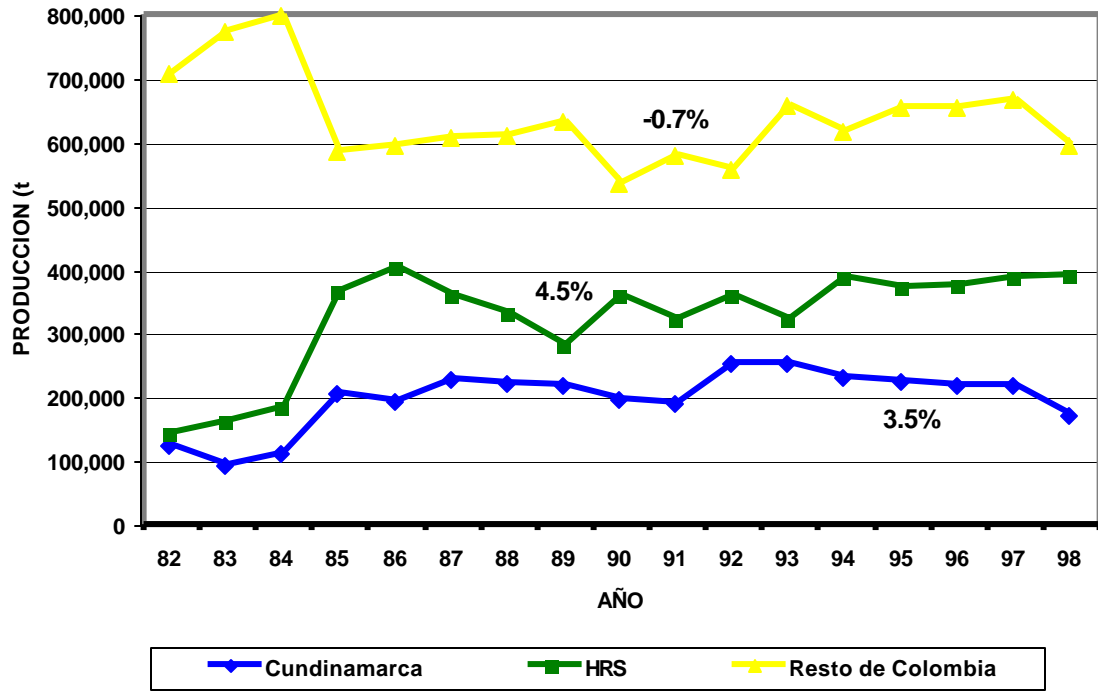


Figura 2. Tendencias de la producción de panela en Colombia, 1982-98.

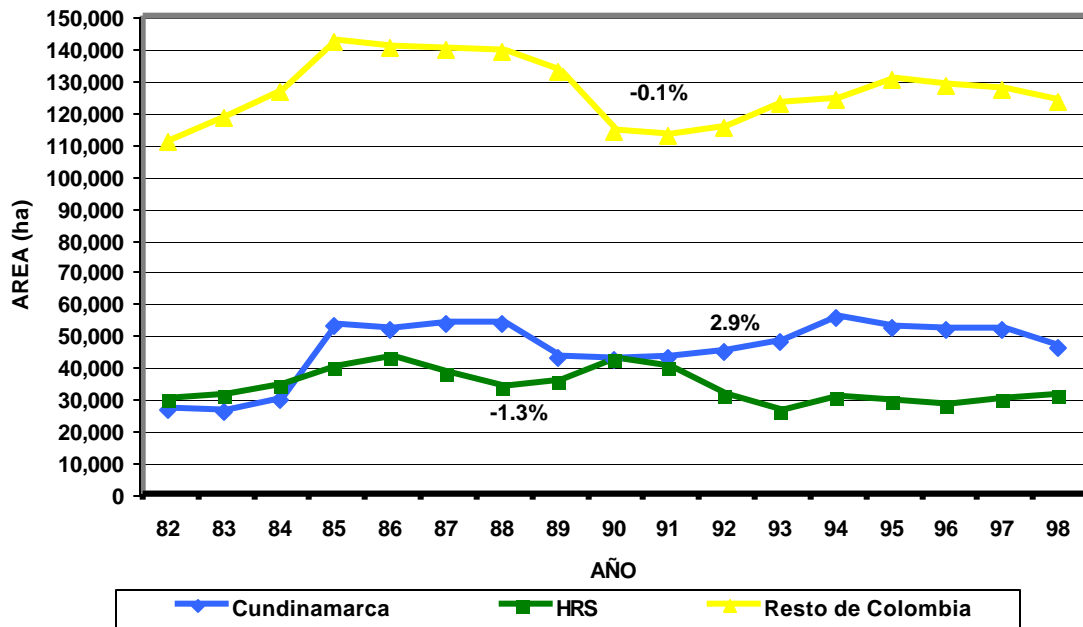


Figura 3. Tendencias del área cosechada en caña panelera en Colombia, 1982-98.

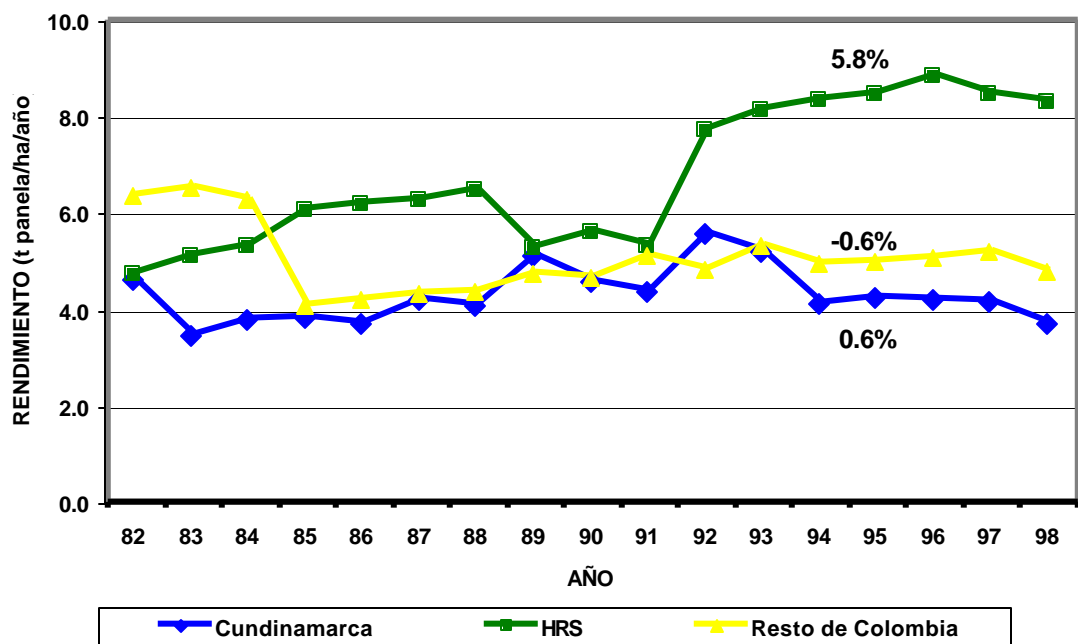


Figura 4. Tendencias del rendimiento en panela por hectárea en Colombia, 1982-98.

APENDICE A. Información utilizada para la estimación del impacto a nivel regional y nacional.

Cuadro A1. Regiones de generación de tecnología – información de entrada al modelo de excedentes económicos

Regiones tecnológicas	Desplazador de la oferta K (% reducción en costos)	Probabilidad de éxito (%)	Años requeridos para la difusión
Nivel tecnológico 2 : Pre-limpiadores	13.3	100	1
Nivel tecnológico 3 : Pre-limpiadores y Hornilla Mejorada	20.6	100	1
Nivel tecnológico 4 : Pre-limpiadores + Hornilla con Cámara Ward	27.6	100	3
Nivel tecnológico 5 : Pre-limpiadores, Hornilla con Cámara Ward y 2 Molinos en Serie	38.4	100	7

Cuadro A2. Matriz de diseminación inducida y espontánea de la tecnología de producción de panela a otras regiones de Colombia.

Nivel de tecnología	Regiones de Producción de Panela en Colombia		
	Hoya del río Suarez	Cundinamarca	Resto de Colombia
2	1	1	1
3	1 (0.4998) ⁵	1(0.2724)	1(0.2711)
4	1(0.1650)	0	1(0.0897)
5	1(0.1392)	0	

⁵ A pesar de que la tecnología llega a la región con un coeficiente de "spillover" de 1, se utilizará en el modelo los coeficientes entre paréntesis para ajustar por la tasa de adopción de la tecnología, ya que el modelo solo permite entrar una tasa de adopción, y la tasa es diferente para cada nivel de tecnología. Este coeficiente se calcula de la siguiente forma: (tasa de adopción para el nivel respectivo / tasa de adopción para el nivel 2) / 100.

Cuadro A3. Regiones de producción de panela en Colombia – información de entrada al modelo de excedentes económicos.

Parámetros	Regiones de Producción de Panela en Colombia		
	Hoya del río Suárez	Cundinamarca	Resto de Colombia
Producción promedio de panela (ton) 1984-86	255,440	171,300	725,263
Precio promedio de la panela (\$Col./ton) 1984-86	737,334	675,899	789,658
Elasticidad precio de la oferta	0.57	0.57	0.57
Crecimiento anual exógeno de la oferta (%)	0.49	0.49	0.49
Tasa de adopción nivel tecnológico 2 (% de procesadores) 1998	45.26	21.84	5.46
Tasa de adopción nivel tecnológico 3 (% de procesadores) 1998	22.62	5.95	1.48
Tasa de adopción nivel tecnológico 4 (% de procesadores) 1998	7.47	0.0	0.49
Tasa de adopción nivel tecnológico 5 (% de procesadores) 1998	6.30	0.0	0.0

Cuadro A4. Consumo de panela en Colombia – información de entrada al modelo de excedentes económicos.

Parámetros	Colombia
Consumo promedio de panela (ton) 1984-86	1,152,003
Precio promedio de la panela (\$Col./ton) 1984-86	848,689
Elasticidad precio de la demanda	-0.54
Crecimiento anual exógeno de la demanda (%)	1.44