

## **PROYECTO INTEGRADO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE YUCA PARA LA OBTENCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ALMIDÓN AGRO DE YUCA**

### **ADOPCIÓN E IMPACTO**

**María Verónica Gottret**

m.gottret@cgiar.org

**Guy Henry**

Guy.henry@cirad.fr

**Dominique Dufour**

dominique.dufour@cirad.fr

Proyecto Desarrollo de Agroempresas Rurales

Cali, Colombia

Junio, 1997

Para poder hacer un uso eficiente y efectivo de los recursos para la investigación y desarrollo (I&D) en agricultura, las actividades de I&D deben estar bien enfocadas. Los fondos invertidos deben verse reflejados en el desarrollo de tecnologías apropiadas a las necesidades de los usuarios, y de esta manera, se debe maximizar el número de usuarios que adopten la tecnología. Los estudios de adopción e impacto tiene varios propósitos (Gottret y Henry, 1994). Los dos usos más importantes de estos estudios son: (1) los resultados de estos estudios proveen información útil para re-ajustar y re-enfocar el desarrollo y transferencia de tecnología, lo cual es de importancia especial para los científicos y extensionistas; y (2) los resultados de estos estudios también dan información sobre el retorno a los recursos invertidos, lo cual es altamente relevante para los administradores y donantes. El análisis de este documento se basa en el trabajo de caracterización de la agroindustria de almidón agro en el Departamento del Cauca, Colombia (Gottret et. al 1997) y busca integrarlo con los objetivos de (1) determinar los niveles de adopción de la tecnología, (2) analizar los factores que influyeron en la adopción, (3) profundizar en las razones que tuvieron los procesadores para (no) adoptar las tecnologías de procesamiento, y (4) estimar el impacto económico del cambio tecnológico.

### **ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

El Departamento del Cauca esta situado en el sur occidente colombiano sobre la costa Pacífica. Este departamento se caracteriza por tener una población multiracial y pluricultural, en donde conviven etnias indígenas (Guambianos y Paezes, entre otros), negra, mestiza y blanca; cada una de estas etnias con su propia identidad cultural. A lo largo de la carretera panamericana que atraviesa este departamento y une a Pasto con Popayán y Cali, se encuentra establecida la agroindustria del almidón de yuca. Esta agroindustria esta formada por pequeñas a medianas unidades de procesamiento llamadas comúnmente "rallanderías". Sin distingo de etnia o cultura, un tamaño significativo de la población rural del departamento deriva sus ingresos directa o indirectamente de esta actividad agroindustrial.

La extracción de almidón de yuca empezó en los años cuarenta como una actividad doméstica realizada por las mujeres con equipos manuales caseros, utilizando el producto como ingrediente

en la preparación de productos de panadería. Durante los años cincuenta, la extracción del almidón se convierte en una agroindustria netamente artesanal con el fin de satisfacer una demanda local. Las primeras innovaciones mecánicas se introducen en esta agroindustria durante la década de los sesenta.

Durante los años ochenta esta agroindustria empieza a atraer el apoyo institucional, a través de ONGs. De esta manera, CECORA en 1985 empieza a apoyar la cooperativa de procesadores que ya existía en esta época. SEDECOM y CETEC en 1987 realizaron una investigación con el objeto de mejorar el proceso de extracción del almidón de yuca, el cual detecta deficiencias en el proceso. En 1989 esta iniciativa de las organizaciones locales, atrae el interés de organizaciones internacionales. De esta manera, se inició un proyecto integrado de investigación y desarrollo para la producción y transformación del almidón de yuca entre CIRAD-SAR y el CIAT, con el apoyo financiero del Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia (MAE). El objetivo de este estudio fue de apoyar el desarrollo del sector de producción de almidón de yuca en Colombia, enfocando el esfuerzo hacia los pequeños y medianos procesadores y productores de yuca.<sup>1</sup>

El proyecto de desarrollo se enfocó principalmente hacia el mejoramiento de la calidad del producto final, al aumento en la eficiencia del proceso, y en menor grado al manejo de las aguas residuales generadas durante el proceso. La tecnología mejorada de procesamiento que fue generada y transferida por el proyecto incluye los siguientes componentes: (1) Mejoramiento tecnológico de la maquinaria y equipos tradicionales utilizados en el proceso de extracción de almidón; (2) Introducción del sistema de sedimentación por canales para reducir las pérdidas de almidón, mejorar la calidad del producto, y aumentar la eficiencia del proceso, al permitir un procesamiento continuo; (3) Cambios en la distribución de la maquinaria y los equipos de manera que se aprovechen las pendientes naturales del terreno, estableciéndose de esta manera un sistema de gravedad; (4) Estudios de investigación hacia el mejoramiento de la calidad del producto; (5) Prueba e introducción de nuevas variedades mejoradas de yuca, adaptadas a la zona, con características deseables para la transformación del almidón; y (6) Sistemas de manejo y tratamiento de las aguas residuales para proteger el medio ambiente y las fuentes de agua.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Una información más amplia sobre este proyecto se encuentra en Chuzel y Muchnik, 1993.

<sup>2</sup> Para mayor información sobre los componentes tecnológicos desarrollados ver Gottret et. al, 1997.

## METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para obtener la información necesaria para evaluar la adopción y el impacto del Proyecto de Investigación y Desarrollo (1988-1996), se utilizó una combinación de cinco instrumentos de recolección de información:

1. Recopilación de información secundaria en informes y documentos del proyecto de investigación y desarrollo.
2. Encuesta formal estructurada de caracterización de la agroindustria de almidón agrio de yuca y adopción de tecnología, dirigida a todas las unidades de procesamiento del Departamento del Cauca (n=208).<sup>3</sup>
3. Evaluación visual de la tecnología de procesamiento utilizada en todas las unidades de procesamiento del Departamento del Cauca (n=208).<sup>4</sup>
4. Encuesta formal estructurada sobre costos de procesamiento y adopción de tecnología, dirigida a una sub-muestra de las unidades de procesamiento del Departamento del Cauca. El tamaño de esta sub-muestra se estimó con el método de muestreo aleatorio estratificado, con un error máximo permitido de 0.20 y un nivel de confiabilidad del 80%. De esta manera se estimó una muestra de 54 encuestas, repartidas por estrato de la siguiente manera : 20 encuestas para el nivel tecnológico bajo, 20 para el nivel tecnológico medio, y 14 encuesta para el nivel tecnológico alto.<sup>5</sup> La información sobre costos de procesamiento y rentabilidad por nivel tecnológico, obtenida mediante esta encuesta, permite determinar los ingresos que perciben los procesadores por nivel tecnológico. Esta información es utilizada en este estudio para estimar el impacto económico del proyecto a nivel de procesador.
5. Cinco sesiones de grupo focal con procesadores de los tres niveles tecnológicos. Estas sesiones se hicieron con cinco objetivos específicos : (a) identificar los problemas y limitantes que enfrentan actualmente los procesadores, (b) priorizar las necesidades de investigación, desarrollo y fomento con los procesadores, (c) profundizar en forma cualitativa las razones que tuvieron los procesadores para (no)adoptar las tecnologías mejoradas de procesamiento, (d) conocer la organización y gestión interna de las unidades de procesamiento; y (e) evaluar en forma cualitativa el trabajo de las instituciones y el impacto social que ha tenido el desarrollo de la agroindustria en la región.

---

<sup>3</sup> Para mayor información sobre la metodología y aplicación de la encuesta ver Gottret et. al, 1997.

<sup>4</sup> Para mayor información sobre la evaluación visual de las unidades de procesamiento ver Gottret et. al, 1997.

<sup>5</sup> Para mayor información sobre la determinación del tamaño de la muestra y selección de las unidades de procesamiento ver Gottret et. al, 1997.

## **ANALISIS SOBRE LA EVOLUCIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO**

### **Proceso de Lavado**

En cuanto al proceso de lavado, se puede apreciar en una primera etapa del cambio tecnológico el paso del pelado y lavado manual a la lavadora de cargue frontal. Este paso del lavado manual al lavado mecanizado se debió principalmente a la falta de mano de obra y con el objeto de aumentar la capacidad de producción (producir mas y más rápido) y de disminuir las pérdidas de yuca y poder lavar la yuca pequeña. En una segunda etapa se cambio de la lavadora de cargue frontal por la lavadora de cargue lateral, la semi-continua y la continua, todas estas desarrolladas por los constructores de maquinaria de la zona con apoyo institucional. Las razones para este cambio se observan en el Cuadro 1 y son principalmente aumentar la capacidad de producción, mejorar la calidad del almidón y trabajar mas comodamente.

### **Proceso de Colado**

El cambio tecnológico en el proceso de colado ha tenido dos etapas. En una primera etapa, los procesadores cambiaron del colado manual con lienzos a la coladora mecánica de cuatro apoyos. Las razones para este cambio fueron principalmente las de aumentar la capacidad de procesamiento y procesar más rápido. Además, los procesadores mencionaron que esto les permite reducir la demanda de mano de obra en el proceso. Este es un proceso que se dio en forma espontánea en la zona donde no hubo intervención de las instituciones. Por otro lado, en una segunda etapa los procesadores cambiaron la coladora de cuatro apoyos por una coladora de semi-eje o colgada, la cual fue desarrollada por los constructores de maquinaria de la zona con apoyo de las instituciones.

Además, diez procesadores (5%) cambiaron la coladora de cuatro apoyos por la semi-continua, la cual también fue desarrollada por los constructores de maquinaria de la zona con apoyo institucional. De acuerdo con los datos que se presentan en el Cuadro 4, las principales razones que dan los procesadores para este cambio son las de aumentar la capacidad de producción y disminuir los costos de mantenimiento de la máquina por el menor desgaste de las balineras. Adicionalmente a estas dos razones, los procesadores en las discusiones de grupo focal y en la segunda encuesta mencionaron que el uso de estas coladoras mejoradas también mejora la calidad del almidón ya que se reduce la contaminación del almidón.

Por otro lado, durante los últimos cuatro años los procesadores están realizando el proceso de "recolado", utilizando recoladoras oscilatorias. Este es un proceso que se realiza a la lechada después de que pasa por el proceso de colado para recoger las impurezas y el afrecho que pasan durante este proceso y quedan en el almidón. El principal motivo para realizar el recolado es para mejorar la calidad del almidón.

## Proceso de Sedimentación

Tradicionalmente la sedimentación del almidón se realiza en tanques, los cuales se llenan con la lechada y se dejan mas o menos por un día hasta que se asienta el almidón en el fondo de éstos. Un mejoramiento tecnológico en este proceso es la construcción de canales, por los cuales pasa la lechada y se sedimenta en el fondo. En el Cuadro 4 se puede observar que la principal razón que dieron los procesadores para construir estos canales es para aumentar la capacidad de procesamiento. Otras razones son las de mejorar la calidad del almidón, trabajar mas cómodamente y reducir costos.

Los resultados de la segunda encuesta muestran que el 71% de los que construyeron los canales lo hicieron para mejorar la calidad, y que el 29% fue para aumentar el rendimiento (conversión raíces de yuca a almidón). Sin embargo, una vez construidos los canales, las principales ventajas que encontraron fueron el aumento de la capacidad de procesamiento, el mejoramiento de la calidad, el aumento en la eficiencia de extracción de almidón, y la reducción de la mano de obra. Otras ventajas que encontraron uno de los procesadores fue la reducción en la contaminación de las aguas residuales. Una de las desventajas que encontraron los procesadores fue la pérdida de la mancha. Por esta razón, algunos procesadores construyeron otros canales adicionales para recuperar la mancha.

Adicionalmente, en las sesiones de grupo focal con los procesadores de nivel tecnológico alto (aquellos que adoptaron los canales de sedimentación), se profundizó mas sobre estas ventajas y desventajas de los canales de sedimentación. Los procesadores consideran que los canales de sedimentación mejoran la calidad del almidón de dos maneras : (1) la mancha sale con el agua por lo que no es necesario el proceso de desmanchado, el cual es necesario cuando la sedimentación se realiza en tanques, y durante el cual es casi imposible eliminar toda la mancha; (2) cuando se maneja bien la velocidad con la cual fluye el agua, ésta se lleva la fibra que puede haber quedado en el almidón durante el proceso.

Además, la sedimentación en canales permite seleccionar el almidón por calidad. Los procesadores han encontrado que en los tres primeros canales la calidad del almidón es mejor. En cuanto a la capacidad de procesamiento, esta se aumenta ya que no es necesario parar el proceso cuando se llenan los tanques, por lo que se puede trabajar en forma continua y el trabajo es mas descansado. El aumento en la eficiencia de conversión de yuca en almidón se debe en parte a la eliminación del proceso de desmanchado en el cual se pierde almidón. Los procesadores indicaron que con los tanques de sedimentación se lograba sacar alrededor de un kg. de almidón por cada 5.2 kg de raíces de yuca, en cambio, con los canales logran tasas de conversión de alrededor de 1 kg de almidón por cada 4.7 kg de raíces de yuca. En cuanto a la contaminación de las aguas residuales, los procesadores creen que esta se disminuye con el uso de los canales debido a que el agua esta menos tiempo estancada por lo cual no se alcanza a bajar mucho el PH del agua (el agua no llega a acidificarse mucho).

Entre los procesadores que no adoptaron esta tecnología, las principales razones fueron : (1) Falta de recursos económicos para invertir en la construcción de los canales. (2) Falta de capital de

trabajo, lo cual hace que no esten interesados en aumentar su capacidad de procesamiento. (3) Falta de espacio en la unidad de procesamiento para construir los canales y les da lástima tumbar los tanques que tienen contruidos actualmente. (4) Aunque creen que los tanques pueden mejorar la calidad del almidón, esto solo se da en los primeros canales y en el resto la calidad es menor. Además, el almidón de los primeros canales se mezcla con el resto y la calidad no es mejor que la que ellos obtienen en tanques y el precio que reciben es el mismo. (5) Falta de asesoría en como construirlos y las ventajas que estos ofrecen.

### **Distribución de la Maquinaria**

Un cambio tecnológico que se ha venido dando en los últimos ocho años es la distribución de la maquinaria y equipos en gravedad, aprovechando de esta manera la pendiente del terreno. En el Cuadro 4 se puede observar que la principal razón para adoptar esta tecnología es la de trabajar más cómodamente y reducir la mano de obra necesaria en el procesamiento. En las sesiones de grupo, los procesadores opinaron que esta distribución de la maquinaria también aumenta la seguridad industrial, ya que el trabajador se mueve por el lado contrario al que se encuentran las correas y motores. Además, los procesadores opinan que esta tecnología permite aumentar la capacidad de procesamiento ya que se acelera el proceso. Los procesadores que adoptaron esta tecnología han encontrado que esta tiene la desventaja de que aumenta el uso de agua en el proceso. Los procesadores que conocen esta tecnología pero no la adoptaron lo atribuyen a la falta de recursos económicos, y a que el terreno donde esta construida su unidad de procesamiento no se presta para esto ya que se requiere cierta pendiente en el terreno y un movimiento de tierras sería muy costoso.

### **Proceso de Secado**

En cuanto al proceso de secado, se cambió el secado en celdas o paseras (cajas de madera) por el secado en pisos de cemento, y posteriormente, se añadió el plástico negro. Este cambio tiene la ventaja de que el almidón se seca más rápido, aumentándose así la capacidad de procesamiento. Además, esto reduce la mano de obra ya que se evitan el tener que extender y guardar el almidón varias veces. El plástico negro tiene la ventaja adicional de que facilita la recogida del almidón y ayuda a mantener el almidón más limpio durante el proceso de secado, mejorando la calidad del producto.

## **CLASIFICACIÓN, ORIGEN, Y FUENTES DE DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

El primer paso para poder analizar los procesos de adopción de tecnología es definir claramente cuales fueron las tecnologías difundidas a los usuarios de un determinado proyecto y que se considera como adopción de tecnología. Para el caso del "Proyecto Integrado de Investigación y Desarrollo para la Producción y Transformación del Almidón de Yuca", las tecnologías mejoradas de procesamiento que se han desarrollado y recomendado en los últimos ocho años de trabajo institucional con la agroindustria de almidón de yuca en el Cauca, se pueden agrupar en tres categorías : (1) tecnología tradicional local sobresaliente, recomendada por las instituciones;

(2) tecnología desarrollada localmente con apoyo de las instituciones; y (3) tecnología mejorada introducida por las instituciones.

Existen dos componentes de tecnología tradicional sobresaliente que fueron recomendadas por las instituciones : El uso de la variedad "Algodona" para procesamiento y el uso de tanques de fermentación recubiertos de madera. Estas recomendaciones se basan en estudios que se hicieron sobre la influencia de la materia prima y el proceso de fermentación en la calidad y poder de expansión del almidón. En estos estudios se identificó que la variedad tradicional "Algodona", la cual ha venido siendo utilizada por los procesadores, da un almidón de muy buena calidad en cuanto a la capacidad de expansión se refiere. Por otro lado, los estudios sobre calidad mostraron que cuando el almidón se fermenta en tanques recubiertos con madera, el tiempo de fermentación puede ser reducido de 30 a 15 días, sin afectar la calidad del almidón. Esta disminución en el tiempo de fermentación se debe principalmente a que la madera mantiene el inóculo de las bacterias, acelerando el proceso de fermentación.

Entre las tecnologías desarrolladas localmente con apoyo de las instituciones se encuentran principalmente las tecnologías relacionadas con el desarrollo de maquinaria mejorada. Una evaluación sobre la forma en que esta maquinaria fue desarrollada y difundida, muestra que existen dos constructores de maquinaria en la región (uno en Mondomo y otro en la vereda de La Agustina). Estos dos constructores de la región han sido los que han venido desarrollando y difundiendo esta maquinaria mejorada. Sin embargo, los investigadores y extensionistas de las instituciones han trabajado en forma colaborativa con estos constructores de maquinaria, apoyándolos en el diseño, construcción y evaluación de esta maquinaria mejorada. Dentro de estas tecnologías se encuentra el uso de lavadoras y coladoras mejoradas, el uso de un repasador para realizar un segundo rallado, lo cual aumenta la eficiencia de extracción de almidón, y el uso de una recoladora oscilatoria que mejora la calidad del producto.

Otra tecnología que puede considerarse dentro del grupo de las desarrolladas localmente con el apoyo institucional, se refiere al uso de la mezcla de la variedad tradicional "Algodona" con la variedad mejorada "Raya 7". En la evaluación de las variedades locales y mejoradas para el procesamiento se encontraron tres variedades mejoradas con buenas características para este uso : MCOL 1684, MBRA 383, y la Catumare 523-7 (llamada localmente "Raya 7"). Esta última es una variedad lanzada en 1986 en los llanos orientales por CIAT e ICA pero que se diseminó espontáneamente en el Departamento del Cauca. Esta variedad tiene un alto contenido de materia seca (superior a 35%) y se comporta bien en las zonas bajas del Departamento del Cauca (hasta 1200 msnm). Debido a que la variedad local "Algodona" solo se produce en las zonas altas, tiene un menor contenido de materia seca y un mayor precio en el mercado; los procesadores han ajustado las recomendaciones a sus necesidades. La información existente parece mostrar que un ajuste interesante que han hecho los procesadores es la mezcla de variedad "Algodona" con "Raya 7". Debido a que en la actualidad no existe una variedad que tenga un rendimiento alto, buen contenido de materia seca y que a la vez de un almidón con buen poder de expansión; los procesadores mas innovativos han venido realizando una mezcla de variedades. De esta manera, mezclan una variedad que da una muy buena calidad de almidón (la variedad local "Algodona")



con una variedad como la "Raya 7", la cual les permite reducir costos debido a su mayor contenido de almidón y su menor precio por tratarse de un material de la zona baja del Cauca.

Por otro lado, el uso de canales de sedimentación, la distribución de la maquinaria y equipos en gravedad, el tratamiento de aguas residuales, y el uso de la variedad "Raya 7" en forma exclusiva; Puede clasificarse como tecnologías mejoradas desarrolladas y/o introducidas por las instituciones. Por ejemplo, los canales de sedimentación han sido utilizados tradicionalmente en Brasil y fueron introducidos y adaptados por las instituciones en el Departamento del Cauca.

En el Cuadro 2 se puede observar que la principal fuente de difusión de la tecnología fue la de procesador-a-procesador. Este tipo de difusión es más marcada para el caso de maquinaria mejorada, la cual se considera una tecnología desarrollada localmente con apoyo institucional. Por otro lado, para el caso de los canales de sedimentación se puede observar que el porcentaje de procesadores que tuvieron acceso a la tecnología a través de las instituciones es mayor aunque la difusión de procesador-a-procesador sigue siendo la más importante. En cuanto a la adopción de la distribución de maquinaria por gravedad, es necesario un análisis adicional para entender mejor de donde vino esta tecnología ya que la mayoría de los procesadores que la adoptaron lo atribuyen a sí mismos, y en menor porcentaje a la difusión procesador-a-procesador.

## **NIVEL DE ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

En el Cuadro 3 se presentan los niveles de adopción para las tecnologías desarrolladas y recomendadas de acuerdo con la definición y clasificación de la sección anterior. En este Cuadro se puede observar que de las 208 unidades de procesamiento que se encontraron en el Departamento del Cauca, 36 (17.3%) tienen un nivel tecnológico bajo. En estas unidades de procesamiento el almidón todavía se extrae en forma artesanal, de la misma manera como lo vienen haciendo desde la década de los cincuenta. Estas unidades realizan el proceso en forma totalmente manual, aunque en 21 de éstas ya se utiliza maquinaria para el colado del almidón. Por otro lado, la mayoría de las unidades de procesamiento (140 o el 67.3%) extraen almidón en forma mecanizada pero con maquinaria tradicional de la misma forma que lo vienen haciendo desde la década de los sesenta, las cuales se clasifican como unidades de procesamiento con nivel de tecnología medio. Sin embargo, 30 (21.4%) de estas rallanderías han adoptado lavadoras de carga lateral y semi-contínuas mejoradas, 50 (35.7%) utilizan el repasador para realizar un segundo rallado y de esta manera aumentar la eficiencia de extracción del almidón, 43 (30.7%) utilizan coladoras de semi-eje y semi-contínuas mejoradas, 15 (10.7%) realizan el proceso de recolado con recoladoras oscilatorias, y solamente una realiza algún tipo de tratamiento a sus aguas residuales.

Finalmente, se puede considerar que 32 (15.4%) unidades de procesamiento han adoptado en forma total o parcial las tecnologías mejoradas de procesamiento como son el uso de canales de sedimentación, la distribución de la maquinaria y los equipos en gravedad, aprovechando de esta manera las pendientes naturales del terreno, y la maquinaria mejorada. Por lo tanto, estas 32 unidades de procesamiento se pueden considerar de nivel de tecnología alto.



De estas unidades de procesamiento, todas utilizan canales para la sedimentación del almidón y 11 tienen su maquinaria y equipos distribuidos en gravedad. En cuanto al uso de maquinaria mejorada, 17 (53.1%) utilizan lavadoras de cargue lateral y semi-continuas mejoradas, 18 (56.3%) utilizan repasadoras, 19 (59.4%) coladoras de semi-eje o semi-continuas mejoradas, y 10 (31.3%) utilizan recoladoras oscilatorias. Además seis de estas unidades de procesamiento (18.8%) realizan algún tipo de tratamiento a las aguas residuales.

En cuanto al uso de las variedades recomendadas para procesamiento, en el Cuadro 3 se puede observar que 52.4% de los procesadores están utilizando la variedad "Algodona" y 26.4% procesan la variedad "Raya 7". Además, 19.7% de los procesadores están mezclando la variedad "Algodona" con la variedad "Raya 7". En todos los casos, el porcentaje de procesadores que están utilizando estas variedades recomendadas aumenta con el nivel de tecnología de las unidades de procesamiento.

## **ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYERON EN LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA**

En esta sección del estudio se analizará con mayor detalle las características de los procesadores que adoptaron las tecnologías mejoradas de procesamiento de almidón de yuca versus los que no lo hicieron y los factores externos que influyeron en el proceso de adopción.

Los objetivos de este análisis son: (1) comprender mejor el patrón de adopción de las tecnologías mejoradas de procesamiento de almidón agro de yuca en el departamento del Cauca en Colombia e identificar los factores que afectan la respuesta de los procesadores hacia las nuevas tecnologías; y (2) determinar la relación entre la adopción de tecnología y la forma de comercialización de la producción, la facilidad de acceso a los mercados, el tipo de mano de obra utilizada, las características de las unidades de procesamiento y del procesador, y el acceso a apoyo institucional. Este tipo de análisis es útil para las personas encargadas de hacer las políticas de manera que puedan desarrollar y difundir mejor las nuevas tecnologías. Si se pueden identificar los factores que caracterizan los procesadores que no adoptan tecnología, es posible que se pueda modificar los sistemas de investigación, desarrollo y fomento para permitir un mejor cubrimiento de este segmento de la población. Por otra parte, si se pueden distinguir las diferencias entre adoptores de tecnología y los que no la adoptan, se pueden determinar más eficazmente los efectos de la tecnología en la distribución de ingresos y el empleo.

Con base en el análisis de la sección anterior se puede establecer que existen tres categorías de tecnología que se pueden analizar. Por una lado se analizarán los factores que influyen en la adopción de tecnología tradicional local sobresaliente recomendada por las instituciones, para lo cual se analizará los factores que influyen en la decisión de procesar la variedad tradicional "Algodona". Para el análisis de los factores que influyen en la adopción de tecnología desarrollada localmente con apoyo de las instituciones, se analizará la adopción de maquinaria mejorada. Finalmente, se analizará los factores que influyeron en la adopción de canales de

sedimentación y la distribución de la maquinaria y equipos en gravedad, lo cual permite analizar la adopción de tecnología introducida por las instituciones.

La literatura contiene varios estudios que buscan determinar las características de los productores que adoptan o no la tecnología, y los factores que influyen en el proceso de adopción de tecnología (ej. Colmenares, 1975; Gerhart, 1975; Cutie, 1976; Demir, 1976; Gafsi y Roe, 1979; Garcia et. al, 1983; Caswell y Zilberman, 1985; Rook y Carlson, 1985; Rahm y Huffman, 1988; Harper et. al, 1990; Zepeda, 1990; Lin, 1991; y Green y Ng'ong'ola, 1993 ). Los factores comunmente mencionados en estos estudios son la disponibilidad de crédito, el acceso a información y asistencia técnica, el tamaño y tenencia de la finca, las características del productor (edad, años de educación formal, experiencia, etc.), y la disponibilidad de mano de obra, insumos e infraestructura adecuada. En general la adopción de tecnología no ha sido relacionada con factores relacionados a la facilidad de acceso a mercados ni al rol de las organizaciones de productores y procesadores. Para realizar estos análisis, se utilizó un modelo que simula la curva logística de adopción (ver Apéndice), el cual se estimó con una sub-muestra de los datos obtenidos mediante la encuesta formal estructurada de caracterización de la agroindustria de almidón agrio de yuca y adopción de tecnología, y la evaluación visual de la tecnología de procesamiento utilizada. Para esta estimación se utilizaron solamente 145 observaciones, las cuales corresponden a las plantas que están operando actualmente. En el resto de las plantas la primera encuesta no pudo realizarse en forma completa.

Este modelo se estimó primero con todas las variables que se considera que pueden influir en la decisión de adopción, las cuales se listan a continuación :

**Variables Relacionadas con la Facilidad de Acceso al Mercado :** Distancia de la unidad de procesamiento a la carretera panamericana y forma de comercialización del almidón.

**Variables Relacionadas con el Tipo de Mano de Obra Utilizada :** Porcentaje de la mano de obra que es femenina o que son niños y porcentaje de la mano de obra que es contratada.

**Variables Relacionadas con las Características de la Unidad de Procesamiento :** Forma de propiedad y forma de tenencia de la unidad de procesamiento.

**Variables Relacionadas con las Características del Procesador :** Edad, años de experiencia manejando una unidad de procesamiento, años de educación formal, dedicación a otras actividades productivas o trabajo como asalariado, dedicación a la producción de yuca, porcentaje de ingresos que provienen del procesamiento de almidón, y afiliación a la organización de productores y procesadores de yuca.

**Variables Relacionadas con el Acceso a Apoyo Institucional :** Acceso a asistencia técnica y acceso a crédito.

Los resultados del análisis de regresión logística se presentan en el Cuadro 4. Debido al ruido producido por el número de variables utilizadas en las estimaciones, los resultados muestran un

bajo nivel de significancia en las variables explicatorias. Para determinar con mayor confiabilidad las variables que aportan mas a explicar el proceso de adopción, se estimaron regresiones logísticas por el procedimiento de selección de variables. Este método de estimación selecciona las variables que aportan mas a explicar la variabilidad en la adopción de tecnología, las cuales van entrando en el modelo según su contribución a explicar la variable de respuesta. En este tipo de regresión, sólo las variables con un alto nivel de significancia entran en la estimación. Los resultados de esta estimación se presentan en el Cuadro 5.

El análisis de regresión logística muestra que las variables que tienen una mayor influencia en la adopción de la tecnología han sido aquellas relacionadas con la facilidad de acceso al mercado. Para el caso del uso de las variedades recomendadas para procesamiento, se puede observar que la adopción esta inversamente relacionada con la distancia a la carretera panamericana. Por otro lado, la adopción de tecnología esta influenciada por la forma de comercialización de la producción. La probabilidad de que un procesador típico<sup>6</sup> procese la variedad "Algodona" es del 61.2%, pero si este procesador vende directamente a la industria que consume el almidón, la probabilidad de adopción es del 84.3%. De la misma manera, la probabilidad de que un procesador adopte maquinaria mejorada o canales de sedimentación es del 29.2 y 1.6%, respectivamente, pero si este procesador vende directamente a la industria, la probabilidad de adopción aumenta a 49 y 8.8%, respectivamente. Estos resultados muestran que la facilidad de acceso al mercado es uno de los factores que mayor influencia tiene en el proceso de adopción de tecnología.

En cuanto al tipo de mano de obra utilizada, en el Cuadro 5 se puede observar que éstas variables son las que mas contribuyen a explicar la adopción de maquinaria mejorada. De esta manera, los procesadores que cuentan con un mayor porcentaje de mano de obra femenina y/o niños tienen

---

<sup>6</sup> Un procesador típico de almidón agrio de yuca en el Departamento del Cauca tiene las siguientes características: su rallandería se encuentra a 25 minutos de camino de la carretera panamericana, vende su producción a través de intermediarios, el 16% de su mano de obra es femenina y/o niños, el 57% de su mano de obra es contratada, trabaja en una rallandería propia que le pertenece en forma individual, tiene una edad promedio de 43 años, 12 años de experiencia en el procesamiento de yuca, 5 años de educación formal (educación primaria), se dedica a otras actividades productivas o es asalariado, no es socio de la Cooperativa de productores y procesadores de yuca (COAPRACAUCA), es también productor de yuca, no tiene acceso a asistencia técnica ni crédito, y deriva solo una parte de sus ingresos del procesamiento de la yuca.

una probabilidad menor de adoptar maquinaria mejorada. Cabe notar que este tipo de mano de obra esta altamente relacionada con el porcentaje de mano de obra familiar, y por lo tanto, una mano de obra mas barata que disminuye los incentivos para adoptar maquinaria en el procesamiento. Aún mas, los procesadores que tienen una mayor porcentaje de mano de obra contratada son los que tiene la mayor probabilidad de adoptar maquinaria mejorada, la cual les permite disminuir sus requerimientos de mano de obra y disminuir sus costos de procesamiento.

El modo de tenencia de las unidades de procesamiento no tienen una influencia importante en la adopción de tecnología. Sin embargo, se puede notar que hay una mayor tendencia de adoptar maquinaria mejorada entre los procesadores que son dueños de su unidad de procesamiento, lo cual es bastante lógico.

La característica del procesador que mas influye en la adopción de tecnología es su vinculación a COAPRACAUCA. Se puede observar que la probabilidad de adopción aumenta significativamente entre los procesadores que son miembros de la Cooperativa. Por ejemplo, la probabilidad de que un procesador utilice al variedad "Algodona" aumenta de 61.2% a 94.2% si éste es miembro de la Cooperativa. Igualmente, la probabilidad de que adopte maquinaria mejorada o canales de sedimentación, aumenta de 29.2% a 50.8% y de 1.6% a 5.2%, respectivamente, si el procesador es miembro de la Cooperativa. Dentro de este grupo de variables, se puede observar que la edad del procesador esta inversamente relacionada con la adopción de las variedades recomendadas para procesar. Por otro lado, la adopción de maquinaria esta directamente relacionada con la edad del procesador, lo cual se puede explicar por el mayor poder económico que tienen los procesadores mas viejos. Sin embargo, la adopción de tecnología mejorada introducida por las instituciones es mayor entre los procesadores con mas años de educación formal, lo cual normalmente ha sido un indicador del interés por la innovación tecnológica.

Finalmente, los resultados de las estimaciones muestran que la adopción de tecnología mejorada de procesamiento, contrario a lo que se podría pensar, no ha estado influenciada por el acceso a asistencia técnica y crédito. Como se pudo ver en la sección de fuentes de difusión de tecnología, este ha sido mas bien un proceso de difusión de procesador-a-procesador, donde los procesadores que han tenido acceso a asistencia técnica directa ha sido mas bien bajo (sólo 9.6% de los procesadores dicen haber recibido asistencia técnica). Por otro lado, los procesadores que han adoptado las innovaciones tecnológicas lo han hecho, en su mayoría, con fondos propios. Sólo el 14.9% de los procesadores dicen haber recibido crédito para el procesamiento de yuca. Sin embargo, en las discusiones de grupo focal, los procesadores que no adoptaron la tecnología lo atribuyen en parte a la falta de recursos económicos, lo cual no significa necesariamente que no existan líneas de crédito, sino que los intereses son altos, los plazos muy cortos, y el acceso a estos créditos por parte de los pequeños procesadores es limitado.

## IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL

Los objetivos de esta sección son : (1) estimar los beneficios económicos del proyecto integrado de investigación y desarrollo para la producción y transformación del almidón de yuca en el Departamento del Cauca, Colombia; (2) estimar la distribución de estos beneficios entre productores de yuca, procesadores de yuca y consumidores de almidón agrario de yuca; (3) presentar la opinión de los procesadores de yuca sobre el trabajo institucional; y (4) evaluar el impacto social de la agroindustria en la región de acuerdo con los procesadores de yuca.

Para estimar los beneficios económicos y su distribución entre los diferentes grupos de interés (objetivos 1 y 2) se utilizará un modelo de excedentes económicos para el caso de mercados verticales tomado de Alston et. al (1995; pp.246-251). Para poder estimar este modelo es necesario conocer las cantidades producidas y los precios de los productos en los diferentes niveles de la cadena productiva. En el Cuadro 6 se presenta la evolución de estos precios y cantidades para el período 1988-95. Además, es necesario medir el cambio tecnológico en términos de reducción en costos y conocer la curva de adopción. Con base en los resultados de las encuestas en la Figura 1 se presenta la curva de adopción de la tecnología en términos del número de unidades de procesamiento mejoradas (tecnología alta), las cuales no existían antes del inicio del proyecto, y el porcentaje de la producción en unidades de procesamiento mejoradas.

Por otro lado, en el Cuadro 7 se presentan el factor de conversión de raíces de yuca a almidón y los costos de las unidades de procesamiento por nivel de tecnología. Estos datos muestran que la tecnología mejorada de procesamiento aumenta la capacidad de producción, de 82.6 TM/año a 205.6 TM/año (149%), y disminuye los costos de procesamiento en un 7% (de \$Col 719 a \$Col 669 por /kg de almidón producido). Para la estimación del modelo se utilizó una elasticidad de oferta de raíces de yuca de 1.0, la cual permite abrir la economía de la región y de esta manera la entrada de yuca de otras regiones del país. En la actualidad la mayoría de la yuca procesada en la región es producida en el Departamento del Cauca (70% de acuerdo con una encuesta realizada por el entonces Programa de Yuca del CIAT), sin embargo, el 30% entra de otras regiones del país e inclusive del Ecuador (Gottret et. al, 1997). También se utilizó una elasticidad de oferta de almidón de yuca de 1.0 (Gottret et. al 1994), y una elasticidad de demanda de almidón agrario de yuca de -2.2 (FINANCIACOOP, 1990 y Henry, 1995).

En el Cuadro 8 se pueden observar los beneficios estimados por grupo de interés en pesos colombianos de 1996 (1US\$ = 1000 \$Col aproximadamente). Estos resultados muestran que todos los grupos se han beneficiado con el mejoramiento tecnológico a nivel de procesamiento de almidón de yuca. Por un lado, los productores se han beneficiado con una mayor demanda por su producto y un aumento bajo de las raíces de yuca. Por lo tanto los productores están vendiendo más a un mejor precio. Los procesadores también se han beneficiado ya que a pesar de que el precio de su producto ha disminuído por el aumento en la oferta del producto, ellos están vendiendo más y produciendo a un menor costo. Los procesadores, a pesar de que el precio de venta de su producto ha disminuído, han disminuído sus costos de procesamiento en una mayor proporción, lo cual se refleja en un aumento en sus ingresos. Por otro lado, la industria que consume el producto también se ha beneficiado del mejoramiento tecnológico ya que esta

comprando mas almidón a un menor precio. Finalmente, la sociedad se ha beneficiado con un aumento en los ingresos de 25,280 millones de pesos colombianos (25.3 millones de US\$ aproximadamente). Si se considera que este proyecto costó alrededor de 8,870 millones de pesos colombianos (8.9 millones de dólares), se calculan unos beneficios netos de 16,410 millones de pesos colombianos con una tasa interna de retorno de 80%.

Cuando se estiman los beneficios de un cambio tecnológico es importante tener en cuenta que éstos son sensibles a cambios en los parámetros utilizados. Para evaluar el grado de sensibilidad a las elasticidades de oferta y demanda utilizadas, el modelo se estimó con cambios del 20% en estos parámetros. Los resultados se presentan en el Cuadro 9. Estos resultados muestran que los beneficios totales para la sociedad cambian en un 30%. Además, se puede observar cambios significativos en la distribución de los beneficios entre los diferentes grupos de la sociedad. En general, se puede observar que cuando la elasticidad de oferta de los productores o procesadores disminuye, es decir que reacciona menos a los cambios en precios, el porcentaje de los beneficios totales que llega a este grupo aumenta. En el caso de los consumidores también se puede observar que al disminuir su elasticidad de demanda, el porcentaje de los beneficios totales que percibe este grupo de la sociedad disminuye.

Por otra parte, durante las sesiones de grupo se preguntó a los procesadores de los diferentes niveles de tecnología acerca del impacto que ha tenido esta agroindustria en el desarrollo de la región. Los procesadores de nivel tecnológico bajo opinaron que esta agroindustria compra la yuca a los productores de la región a un precio justo, sin engañarles en el peso, y que ha a los productores les queda más fácil vender la yuca en las unidades de procesamiento de la zona ya que no tienen que pagar el transporte para sacarla a otras zonas. Además, opinaron que el procesamiento de yuca da empleo a los habitantes de la zona.

Los procesadores de nivel tecnológico medio opinan que la agroindustria ha generado empleo en la región no solo para el procesamiento, pero también en la producción de yuca y para los transportadores, lo cual se ha visto reflejado en el mejoramiento del nivel de vida de la población. En las palabras de uno de los procesadores "la agroindustria de la yuca le ha dado a la población plata para mejorar sus viviendas, para comprar fincas, conseguir transporte y... hasta para tomar trago." Esta opinión es compartida por los procesadores de nivel tecnológico alto, los cuales consideran que la agroindustria genera empleo y de esta manera contribuye a mejorar las condiciones de vida de la población de la zona.

Entre los efectos negativos de la agroindustria para la calidad de vida de la población, los procesadores mencionaron el problema de contaminación del medio ambiente, lo cual aunque ellos opinan que no los afecta directamente, esta afectando la región donde viven. Los procesadores piensan que es necesario que se implemente el tratamiento de las aguas residuales, pero opinan que esta es una decisión de tipo económico ya que tratar el agua cuesta y actualmente no tienen los recursos para hacerlo. Por esta razón, aunque se sienten apenados cuando la gente de la comunidad les dice que ellos ensucian el agua, ellos solo estarían dispuestos a tratar el agua si :  
(1) todos los procesadores participan y decide un manejo común de las aguas, ya que actualmente



conocen muy poco sobre los métodos de tratamiento de aguas residuales, y (2) se diseña un sistema de tratamiento de bajo costo, acompañado con créditos a largo plazo e intereses bajos, junto con la asistencia técnica. Por otro lado, los procesadores de nivel tecnológico bajo no están consientes de este problema y opinan que el agua de desecho se va a la cañada y no los perjudica.

## CONCLUSIONES

Los análisis y resultados discutidos en este documento generan un conjunto de conclusiones e implicaciones. Como se mencionó en la primera sección, este tipo de estudios tiene diferentes objetivos para diferentes audiencias. Por lo tanto, las conclusiones serán tratadas de acuerdo con las audiencias para las cuales esta información es útil.

Los resultados muestran claramente que la ubicación geográfica de las unidades de procesamiento es importante para su desarrollo tecnológico ya que las plantas más aisladas han tenido una adopción significativamente menor. Estas plantas se encuentran alejadas de las fuentes de insumos, información, tecnología, crédito, mercados; y la mayoría trabajan con mano de obra familiar. Si en el futuro se espera tener algún impacto en los ingresos de estos procesadores, significativamente más pobres, se necesitaría dirigir esfuerzos adicionales hacia este grupo con tecnología apropiada e intervenciones institucionales y de mercadeo. De esta manera, se necesitarían recursos adicionales de los científicos, extensionistas y de las instituciones.

La importancia de la integración con los mercados y consumidores también es evidente. Además de influenciar positivamente la adopción de tecnología, esta integración beneficiaría tanto a los consumidores como a los procesadores. De esta manera, se podría lograr un mejor equilibrio entre la oferta y la demanda, mejorar la calidad del producto, disminuir los márgenes de mercadeo, contribuir a la estabilización de los precios, y disminuir los precios al consumidor en el medio plazo. En cierto grado esta integración ha ido mejorando con la existencia de la Cooperativa, la cual está en contacto permanente con el mercado, pero su participación en el mercado es todavía muy pequeña (la Cooperativa comercializa actualmente el 5% de la producción de la zona), por lo que esta integración puede mejorarse aún más. Además, las otras zonas más aisladas necesitan de una intervención similar. Por lo tanto, es necesario una intervención institucional fuerte para trabajar con organizaciones de productores y procesadores en actividades de mercadeo.

Un aspecto de interés es el tema de la mecanización versus la mano de obra familiar. Especialmente en las unidades de procesamiento más pequeñas y aisladas, el costo de oportunidad de las mujeres (y niños) es bastante bajo. Las intervenciones basadas en la mecanización pueden disminuir la involucración de las mujeres en este sector económico, lo cual podría tener un efecto negativo en el bienestar de los hogares. Por lo tanto, las intervenciones futuras en actividades de investigación y desarrollo tienen que prestar una atención especial al rol del género en la introducción y transferencia de tecnología.

El crédito no parece haber sido tan importante para la adopción de tecnología en el pasado de acuerdo con los análisis de este documento. Sin embargo, esta conclusión debe ser tomada con precaución ya que en las sesiones de grupo focal, los procesadores indicaron el crédito como uno de sus principales problemas. Hasta el momento no es tan claro si el problema es de crédito operacional o de inversión, o si el problema es de disponibilidad de crédito en sí o de las condiciones del crédito. Sin embargo, la condiciones de crédito actuales implican un nivel de riesgo significativo. Por lo tanto, si se considera que la adopción de tecnología implica un nivel de riesgo mayor, el riesgo adicional del crédito puede ser demasiado alto, especialmente para los procesadores mas pobres. Este aspecto debe ser estudiado y analizado en mayor profundidad. Si en el futuro se desea ofrecer mayores facilidades de crédito, el tipo de crédito y el acceso a éste debe ser apropiado a las diferentes condiciones de los usuarios.

El análisis de impacto económico muestra que la inversión en investigación y desarrollo tiene una tasa de retorno significativa. Inclusive si se considera que los costos estan subvalorados ya que no toman en cuenta los costos de otras acciones en la agroindustria (los costos se inflaron en un 20%), una tasa de retorno a la inversión en investigación mayor al 30% es significativa. Esta información sirve para justificar que invertir en el desarrollo de la pequeña agroindustria rural es una buena inversión para lograr el desarrollo de las área rurales. Este análisis muestra que a pesar de que los recursos se invirtieron a nivel de procesamiento, los productores también se vieron beneficiados con una mayor demanda por su producto. Por lo tanto, se puede concluir que los proyectos integrados benefician a todos los grupos de la cadena productiva, y que el grupo de los mas pobres, los productores de yuca, también han sido beneficiados.

El análisis cuantitativo de impacto no incluye una evaluación sobre los efectos en el medio ambiente. Sin embargo, la información cualitativa muestra que los procesadores están consientes del efecto negativo de la agroindustria en la contaminación de las aguas residuales. Por lo tanto, esta información debe recibir una atención particular en la planeación de futuras intervenciones en investigación y desarrollo tanto para las personas que diseñan las políticas para el sector como para los científicos y las instituciones de desarrollo.

Aunque es evidente que los estudios de adopción e impacto generan información útil para diferentes audiencias, una última recomendación sería que los proyectos que integran la investigación y desarrollo en producción, procesamiento, y mercadeo, no deben incluir las actividades de impacto y evaluación como una actividad aislada, sino como otro elemento que debe ser integrado a éstos proyectos. Esta integración con las actividades de evaluación puede mejorar significativamente la eficiencia y efectividad de los recursos invertidos en investigación y desarrollo.

## **AGRADECIMIENTOS**

El trabajo de campo para este estudio se realizó gracias al esfuerzo conjunto de CETEC, CIAT, CIRAD, Corpotunía, y la Fundación Carvajal y a la financiación de CIRAD-SAR y el CIAT. Un agradecimiento muy especial a Carlos Chilito, William Cifuentes, Freddy Alarcón, Juan Pablo

Bedoya y Ricardo Ruiz por el esfuerzo que pusieron en el trabajo de campo. Además, un agradecimiento a James Garcia y Norbey Marin por su ayuda en el procesamiento de los datos, y a Staley Wood por su asesoría en la estimación de los beneficios económicos. Finalmente, un reconocimiento muy especial a todos los procesadores de almidon de yuca del Cauca que colaboraron con su tiempo a este estudio y sin los cuales este no hubiera sido posible. Sin embargo, los autores son responsables por cualquier error u omisión.

## REFERENCIAS

- Alston, J.M., Norton, G.W., y Pardey, P.G. (1995). *Science under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*. Ithaca, N.Y. : Cornell University Press.
- Amemiya, T. (1973). "Regression Analysis when the Dependent Variable is Truncated Normal." *Econometrica*. 41(1973):997-1016.
- Caswell, M, y Zilberman, D. (1985). "The Choices of Irrigation Technologies in California," *American Journal of Agricultural Economics*, 67(1985):224-33;
- CETEC. (1994). *La Producción y Mercados de la Yuca y de Almidón de Yuca*. 40 p.
- Chuzel, G., y Muchnik, J. (1993). "La valorisation des ressources techniques locales; l'almidon aigre de manioc en Colombie." en *Alimentation, Techniques et Innovations dans les Régions Tropicales*, ed. Muchnik, J., 637-647. Paris, France : l'Harmattan.
- Colmenares, J. H. (1975). "Adoption of Hybrid Seeds and Fertilizers among Colombian Corn Growers," Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- Cutie, J. (1976). "Diffusion of Hybrid Corn Technology, The Case of El Salvador," Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- Demir, N. (1976). "The Adoption of New Bread Wheat Technology in Selected Regions of Turkey," Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- FINANCIACOOP (1990). *Informe del Proyecto de Comercialización e Industrialización de la Yuca y sus Derivados en la Región Norte del Cauca*. Popayán, Colombia. 184 p.
- Gafsi, S., y Roe, T. (1979). "Adoption of Unlike High-Yielding Wheat Varieties in Tunisia," *Economic Development and Cultural Change*, 28(1979):119-33.
- Garcia, P., Sonka, T., y Mazzacco, M. A. (1983). "A Multivariate Logit Analysis of Farmers' Use of Financial Information," *American Journal of Agricultural Economics* 65(1983):136-4.
- Gerhart, J. (1975). "The Diffusion of Hybrid Maize in Western Kenya," Abridged by CIMMYT, Mexico, D.F.
- Gottret, M.V., Henry, G., y Mullen, J.D. (1996). "Empirical Estimation of Cassava Supply under Risk Conditions in the Atlantic Coast of Colombia." Documento no publicado, tercer borrador. 26 p.

- Gottret, M.V., y Henry, G. (1994). "La Importancia de los Estudios de Adopción e Impacto: El Caso del Proyecto Integrado de Yuca en la Costa Norte de Colombia." en *Memorias de la Tercera Reunión de Fitomejoradores de Yuca, Villaclara, Cuba, Noviembre 1993*. ed. Iglesias, C.A. Documento de Trabajo CIAT No. 138. Cali, Colombia : CIAT.
- Gottret, M.V., Henry, G., y Mullen, J.D. (1994). "Economic Returns of the Integrated Cassava Research and Development Project in the Atlantic Coast of Colombia." Documento no publicado, segundo borrador. 22 p.
- Gottret, M.V., Henry, G., y Dufour, D. (1997). "Caractérisation de l'agroindustrie de production d'amidon aigre de manioc dans le département du Cauca, Colombie." *Les Cahiers de la Recherche Développement*. Mayo, 1997.
- Green, D. A. G, y Ng'ong'ola, D. H. (1993). "Factors Affecting Fertilizer Adoption in Less Developed Countries: An Application of Multivariate Logistic Analysis in Malawi," *Journal of Agricultural Economics*, 44(1993):99-109.
- Harper, J. K., Rister, M. E., Mjelde, J. W., Drees, B. M., y Way, M. O. (1990). "Factors Influencing the Adoption of Insect Management Technology," *American Journal of Agricultural Economics*, 72(1990):997-1005.
- Henry, G. (1995). "*Global Cassava Sector Constraints and Estimated Future R&D Benefits*." Documento preparado para el Taller sobre Investigación de Raíces y Tubérculos en el CGIAR, Washington D.C., 30 Mayo - Junio 2, 1995.
- Hosmer, D.W., y Lemeshow, S. (1989). *Applied Logistic Regression* New York : John Wiley & Sons, Inc. 307 p.
- Lenis, M.G., Patiño, R., y Perea, I. (1990). "*Diagnóstico y Mejoramiento del Sistema Productivo de la Agroindustria de la Extracción de Almidón Agrario, en el Norte del Cauca*." Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Programa de Ingeniería Industrial, Cali. p.229.
- Lin, J. Y. (1991). "Education and Innovation Adoption in Agriculture: Evidence from Hybrid Rice in China," *American Journal of Agricultural Economics* 73(1991)
- Ministerio de Agricultura de Colombia y Desarrollo Rural de Colombia. (1996). *La Economía de la Yuca en Colombia*. ed. Cardona A., A., y López R., R. Santafé de Bogotá, Colombia : Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.
- Rahm, M. R., y Huffman, W. E. (1984). "The Adoption of Reduced Tillage: The Role of Human Capital and Other Variables," *American Journal of Agricultural Economics*, 66(1984):405-13.

Proyecto integrado de investigación y desarrollo de la producción y transformación de yuca para la obtención y comercialización de almidón agrio de yuca

Rook, S. P., y Carlson, G. A. (1985). "Participation in Pest Management Groups," *American Journal of Agricultural Economics*, 67(1985):563-66.

Zepeda, L. (1990). "Adoption of Capital Versus Management Intensive Technologies," *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 38(1990):457-69.



Cuadro 1. Razones que dieron los procesadores para realizar los cambios tecnológicos, según encuesta de caracterización de la agroindustria de almidón agrio de yuca y adopción de tecnología (n=208)

Razón para el Cambio Tecnológico	Cambio Tecnológico			
	Lavadora Mejorada	Coladora Mejorada	Canales de Sedimentación	Distribución de Maquinaria y Equipos en Gravedad
	%			
Número de observaciones	9	12	19	13
Aumentar la capacidad de producción	77.8	54.5	63.2	15.4
Mejorar la calidad del almidón	11.1	-	15.8	15.4
Trabajar mas comodamente y descansado	11.1	-	10.5	69.2
Disminuir el desgaste de las balineras de la coladora	-	45.5	-	-
Lo vio en otra unidad de procesamiento y le gusto	-	-	5.3	-
Disminuir costos	-	-	5.3	-

Fuente : Encuesta formal estructurada de caracterización de la agroindustria de almidón agrio de yuca y adopción de tecnología, Mayo-Junio 1995.

Cuadro 2. Fuentes de difusión de los cambios tecnológicos, según encuesta de caracterización de la agroindustria de almidón agrio de yuca y adopción de tecnología (n=208)

Razón para el Cambio Tecnológico	Cambio Tecnológico			
	Lavadora Mejorada	Coladora Mejorada	Canales de Sedimentación	Distribución de Maquinaria y Equipos en Gravedad
	%			
Número de observaciones	9	11	21	13
Lo vio en otra unidad de procesamiento	66.7	72.7	57.2	38.5
Idea propia del procesador	22.2	18.2	4.8	61.5
Recomendación de CETEC <sup>a</sup>	11.1	9.1	28.5	-
Recomendación del CIAT	-	-	9.5	-

<sup>a</sup> CETEC (Corporación para Estudios Interdisciplinarios y Asistencia Técnica) es una Organización no Gubernamental que trabaja en la zona dando asistencia técnica a los procesadores de almidón agrio de yuca.

Fuente : Encuesta formal estructurada de caracterización de la agroindustria de almidón agrio de yuca y adopción de tecnología, Mayo-Junio 1995.

Cuadro 3. Adopción de Tecnología en las Unidades de Procesamiento de Almidón de Yuca por Nivel Tecnológico en el Departamento del Cauca, Colombia.

Componente Adoptado	Nivel de Tecnología			Total
	Bajo	Medio	Alto	
	número de rallanderías			
Número de Rallanderías	36	140	32	208
<b>Tecnología Tradicional Local Recomendada por las Instituciones</b>				
Procesa variedad "Algodona"	11 (30.6)	77 (55.0)	21 (65.6)	109 (52.4)
Tanques de fermentación recubiertos de madera	2 (5.6)	34 (24.3)	15 (46.9)	51 (24.5)
<b>Tecnología Desarrollada Localmente con Apoyo Institucional</b>				
Lavadora Mejorada	0 (0.0) <sup>a</sup>	30 (21.4)	17 (53.1)	47 (22.6)
Repasador para realizar un segundo rallado	1 (0.03)	50 (35.7)	18 (56.3)	69 (33.2)
Coladora Mejorada	3 (8.3)	43 (30.7)	19 (59.4)	65 (31.3)
Recoladora Oscilatoria	0 (0.0)	15 (10.7)	10 (31.3)	25 (12.0)
Procesa mezcla de variedad "Algodona" con variedad "Raya 7"	2 (5.6)	29 (20.7)	10 (31.3)	41 (19.7)
<b>Tecnología Mejorada Introducida por las Instituciones</b>				
Canales de Sedimentación	0 (0.0)	0 (0.0)	32 (100.0)	32 (15.4)
Maquinaria y Equipos Distribuidos en Gravedad	0 (0.0)	0 (0.0)	11 (34.4)	11 (5.3)
Tratamiento de Aguas Residuales	0 (0.0)	1 (0.7)	6 (18.8)	7 (3.4)
Procesa variedad "Raya 7"	2 (5.6)	38 (27.1)	15 (46.9)	55 (26.4)

<sup>a</sup> Los números entre paréntesis son el porcentaje del total de rallanderías por nivel tecnológico.

Fuente : Encuesta formal estructurada de caracterización de la agroindustria de almidón agrío de yuca y adopción de tecnología, Mayo-Junio 1995.

Cuadro 4. Efecto de las Características Socio-económicas en la Adopción de Tecnología de Procesamiento de Almidón Agrario en el Departamento del Cauca, Colombia.

función logística para :				
	Uso de variedad "Algodona" en procesamiento	Uso de mezcla de las variedades "Algodona" y "Raya 7" en procesamiento	Adopción de lavadora o coladora mejorada	Adopción de canales de sedimentación o canales de sedimentación y gravedad
% de procesadores que adoptaron la tecnología	36.6	19.3	42.1	17.9
parámetros estimados				
<b>Facilidad de Acceso al Mercado</b>				
Distancia de la unidad de procesamiento a la carretera panamericana	-0.88 *** <sup>a</sup>	-17.9 ***	-0.25	-3.23
Vende el almidón directamente al consumidor industrial	1.23 ***	0.11	0.85 **	1.82 ***
<b>Tipo de Mano de Obra Utilizada</b>				
Porcentaje de mano de obra femenina o niños	-2.68 ***	0.17	-1.06	-2.2
Porcentaje de mano de obra contratada	-0.2	-0.09	0.82	1.41
<b>Características de la Unidad de Procesamiento</b>				
Unidad de procesamiento asociativa	0.19	0.7	-0.22	1.20 *
Unidad de procesamiento propia	0.48	13.8	1.88 *	12.9
<b>Características del Procesador</b>				
Edad	-0.03 *	-0.04 *	0.04 ***	0.02
Años de experiencia	-0.01	-0.01	-0.03	-0.02
Años de educación formal	0.04	0.01	0.01	0.10 *

función logística para :				
	Uso de variedad "Algodona" en procesamiento	Uso de mezcla de las variedades "Algodona" y "Raya 7" en procesamiento	Adopción de lavadora o coladora mejorada	Adopción de canales de sedimentación o canales de sedimentación y gravedad
Se dedica a otras actividades productivas o es asalariado	-0.36	1.07 **	-0.06	0.06
Es también productor de yuca	0.53	-1.63 ***	-0.12	0.06
Todos los ingresos provienen del procesamiento de almidón	-0.1	1.21 ***	0.46	-0.02
Es socio de la organización de productores y procesadores de yuca.	2.32 ***	0.86	0.92 **	1.24 **
<b>Acceso a Apoyo Institucional</b>				
Recibió asistencia técnica	-1.86 ***	0.29	0.1	0.99 *
Recibió crédito	-0.75 *	-0.72	-0.23	0.31

- <sup>a</sup>
- \*\*\* nivel de significancia  $\alpha \leq 0.05$
  - \*\* nivel de significancia  $0.05 < \alpha \leq 0.10$
  - \* nivel de significancia  $0.10 < \alpha \leq 0.20$

Cuadro 5. Efecto de las características socio-económicas en la adopción de tecnología de procesamiento de almidón agro en el Departamento del Cauca, Colombia, resultados de la estimación por selección de variables.

función logística para :				
	Uso de variedad "Algodona" en procesamiento	Uso de mezcla de las variedades "Algodona" y "Raya 7" en procesamiento	Adopción de lavadora o coladora mejorada	Adopción de canales de sedimentación o canales de sedimentación y gravedad
% de procesadores que adoptaron la tecnología	36.6	19.3	42.1	17.9
Probabilidad estimada de adopción	0.63	0.93	0.41	0.04
parámetros estimados				
<b>Facilidad de Acceso al Mercado</b>				
Distancia de la unidad de procesamiento a la carretera panamericana	-0.97 *** <sup>a</sup>			
Vende el almidón directamente al consumidor industrial				2.25 ***
<b>Tipo de Mano de Obra Utilizada</b>				
Porcentaje de mano de obra femenina o niños	-2.24 ***		-2.02 ***	
Porcentaje de mano de obra contratada			1.35 ***	
<b>Características del Procesador</b>				
Años de educación formal				0.13 ***
Es también productor de yuca		-1.82 ***		
Es socio de la organización de productores y procesadores de yuca.				2.10 ***
<b>Acceso a Apoyo Institucional</b>				
Recibió asistencia técnica		1.39 ***		

<sup>a</sup> \*\*\* nivel de significancia  $\alpha \leq 0.05$   
 \*\* nivel de significancia  $0.05 < \alpha \leq 0.10$   
 \* nivel de significancia  $0.10 < \alpha \leq 0.20$



Cuadro 6. Evolución de la producción de raíces de yuca y almidón agrio y sus respectivos precios en el Departamento del Cauca, Colombia para el período 1988-95.

Año	Producción de Raíces de Yuca <sup>a</sup> (TM)	Precio Real de las Raíces de Yuca <sup>b</sup> (1990\$Col./TM)	Producción Almidón Agrio Yuca <sup>c</sup> (TM)	Precio Real del Almidón de Yuca Pagado al Procesador <sup>d</sup> (1990\$Col./TM)	Precio Real del Almidón de Yuca Pagado por la Industria <sup>d</sup> (1990\$Col./TM)
1988	69000	42954	8000	305556	333397
1989	56900	57924	9100	401593	437907
1990	55959	48000	9100	230250	280773
1991	71624	28119	9900	182004	211620
1992	79665	55757	10200	359501	398492
1993	49186	35327	10300	253447	306253
1994	57694	25447	10900	159046	207952
1995	42312	40708	11000	274490	321499

Fuentes :

<sup>a</sup> Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 1996.

<sup>b</sup> CETEC, 1994.

<sup>c</sup> Estimaciones de los autores basadas en Pineda et. al., 1990 y Gottret et. al., 1997.

<sup>d</sup> CETEC, 1994 actualizado con información de la Cooperativa de Productores y Procesadores de Yuca del Cauca (COAPRACAUCA).

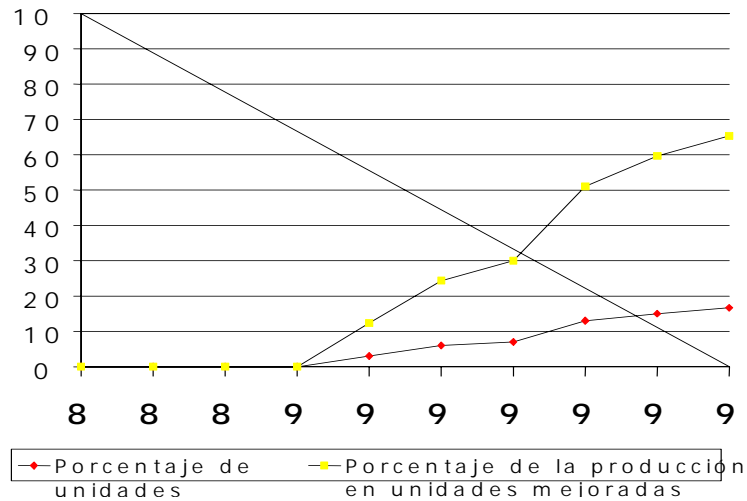


Figura 1. Curva de adopción de la tecnología en términos del número de unidades de procesamiento mejoradas y porcentaje de la producción en unidades mejoradas.

Fuente: Encuesta formal estructurada de caracterización de la agroindustria de almidón agro de yuca y adopción de tecnología, Mayo-Junio 1995.

Cuadro 7. Costos de procesamiento y rentabilidad de la unidades de procesamiento de almidón agrio de yuca.

	Nivel de Tecnología			Total
	Bajo	Medio	Alto	
Tamaño de la muestra	10	23	14	47
Factor de conversión (raíces de yuca : almidón)	5.3	5.0	4.6	4.9
Producción de almidón (TM/año)	24.5	82.6	205.6	106.9
Costo total de procesamiento (\$Col/kg)	817	719	669	697
Rentabilidad bruta %	6.9	28.0	44.9	31
Rentabilidad neta %	-5.1	20.6	39.0	24.2

Fuente: Encuesta formal estructurada sobre costos de procesamiento y adopción de tecnología, dirigida a una sub-muestra de las unidades de procesamiento del Departamento del Cauca, Junio-Julio, 1996.

Cuadro 8. Distribución de los beneficios económicos del Proyecto Integrado de Investigación y Desarrollo para la Producción y Transformación del Almidón de Yuca en el Departamento del Cauca, Colombia. Período 1988-96.

Grupo de la Sociedad	Beneficios de la Tecnología Mejorada de Procesamiento	
	millones de \$Col 1996 <sup>a</sup>	% del total de los beneficios
Productores de raíces de yuca	6,400	25.3
Procesadores de almidón agrio de yuca	6,260	24.8
Industria consumidora de almidón agrio de yuca	12,620	49.9
Beneficios Totales	25,280	100.0

<sup>a</sup> 1 US\$ es aproximadamente 1000 \$Col.

Cuadro 9. Análisis de sensibilidad para las elasticidades de oferta y demanda utilizadas en la estimación de los beneficios, período 1988-96.

Estimaciones de Referencia			Beneficios al Productor	Beneficios al Procesador	Beneficios a la Industria Consumidora	Beneficios Totales a la Sociedad
	millones de \$Col de 1996 <sup>a</sup>					
			6,400 (25.3)	6,260 ( 24.8)	12,620 (49.9)	25,280
Parámetros del Mercado						
	valor de referencia	valor alternativo				
Elasticidad de oferta de yuca	1.0	0.8	8,110 (47.1)	4,520 ( 26.2)	4,590 (26.7)	17,220
Elasticidad de oferta de almidón de yuca	0.8	1.0	7,760 (44.2)	4,320 (24.6)	5,490 (31.2)	17,570
Elasticidad de demanda de almidón de yuca	-2.2	-1.8	5,960 (34.3)	6,070 (35.0)	5,320 (30.7)	17,350

<sup>a</sup> 1 US\$ es aproximadamente 1000 \$Col.

## APENDICE

En la literatura econométrica se pueden encontrar metodologías apropiadas para investigar el efecto de las variables explicatorias en variables dependientes dicótomas (ver Amemiya, 1973). Los modelos de respuesta cualitativa más comunes encontrados en la literatura son el modelo de probabilidad lineal (MPL), el modelo logístico (logit model), y el modelo probabilístico (probit model). Para los objetivos de esta sección del análisis se utilizará un modelo que simula la curva logística de adopción.

$$(1) \quad Y_i = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \mu_i = g(x_i) + \mu_i$$

Si consideramos el siguiente modelo probabilístico lineal, donde:  $Y = 1$  si el procesador adopta la tecnología,  $Y = 0$  si el procesador no adopta la tecnología, y  $X_i$  son el grupo de variables explicatorias de los factores que afectan la adopción de tecnología.

En este modelo la expectativa condicional de  $Y_i$  dado  $X_i$ , puede ser interpretado como la probabilidad condicional de que un evento ocurra dado  $X_i$ ; lo que nos da la probabilidad de que  $Y_i = 1$  dado  $X_i$ . Por lo tanto,  $E(Y_i|X_i)$  nos da la probabilidad de que un procesador adopte una nueva tecnología dadas sus características  $X_i$ . Si suponemos que  $E(\mu) = 0$ , para obtener estimadores sin sesgos, tenemos la siguiente expresión:

$$(2) \quad E(Y_i|X_i) = \beta_0 + \beta_i X_i = g(x_i)$$

Ahora si consideramos  $P_i$  como la probabilidad de que  $Y_i = 1$  (esto es, que el procesador adopte la tecnología), y  $1-P_i$  como la probabilidad de que  $Y_i = 0$  (esto es, que el procesador no adopte la

$$(3) \quad E(Y_i) = 0(1 - P_i) + 1(P_i) = P_i$$

tecnología), entonces, por definición de la expectativa matemática, tenemos

$$(4) \quad E(Y_i|X_i) = \beta_0 + \sum \beta_i X_i = P_i$$

Comparando (2) con (3), podemos igualar esto es, la expectativa condicional del modelo (1) puede ser interpretado como la probabilidad condicional de  $Y_i$ .

$$(5) \quad 0 \leq E(Y_i|X_i) \leq 1$$

Debido a que la probabilidad  $P_i$  debe estar entre 0 y 1, se tiene la siguiente restricción

esto es, que la expectativa condicional, o la probabilidad condicional, debe estar entre 0 y 1. Debido a que el mayor problema de los modelos lineales de probabilidad es el de que los  $Y$

estimados, que son probabilidades condicionales, no están entre 0 y 1, el siguiente modelo logístico (Hosmer y Lemeshow, 1989) fue seleccionado para este estudio, el cual satisface las

$$(6) \quad P ( Y = i / X_i ) = \frac{e^{g(x_i)}}{1 + e^{g(x_i)}}$$

anteriores condiciones.

$$(7) \quad L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \sum \beta_i X_i = g(x_i)$$

Realizando una transformación logarítmica de la ecuación 6, la siguiente ecuación es estimada: donde  $L_i$  es el *logit*, término que viene de la función logística.

Una vez estimado el modelo y conociendo los parámetros estimados ( $\beta_0$  y  $\beta_i$ ), es posible estimar la probabilidad de que un agricultor con las características  $X_i$  adopte la tecnología. Despejando  $P_i$  de la ecuación (6) tenemos:

$$(8) \quad P_i = E ( Y = 1 / X_i ) = \frac{e^{(\beta_0 + \sum \beta_i X_i)}}{1 + e^{(\beta_0 + \sum \beta_i X_i)}}$$

Las elasticidades de la probabilidad de adopción con respecto a cambios en los factores que afectan el proceso de adopción ( $\delta P_i X_i / \delta X_i P_i$ ), se derivan de la siguiente forma:

$$(9) \quad \xi_{yi} = \frac{\delta P_i X_i}{\delta X_i P_i} = \beta_i (1 - P_i) X_i$$

donde  $\xi_{yi}$  es la elasticidad de la probabilidad de adopción con respecto al factor  $i$ .

Las variables independientes ( $X_i$ ) utilizadas en la estimación del modelo fueron las siguientes:

*Variables continuas:*

$X_1$  = porcentaje de la mano de obra que es femenina o que son niños

$X_2$  = porcentaje de la mano de obra que es contratada

$X_3$  = edad del dueño de la unidad de procesamiento

$X_4$  = años de experiencia manejando una unidad de procesamiento del dueño

$X_5$  = años de educación formal del dueño de la unidad de procesamiento

$X_6$  = distancia a la carretera panamericana

*Variables dummy:*

- $X_7$  = forma de propiedad de la unidad de procesamiento (0 = individual)  
(1 = asociativa o cooperativa)
- $X_8$  = forma de tenencia de la unidad de procesamiento (0 = propia)  
(1 = arrendada)
- $X_9$  = otras actividades productivas (0 = el dueño se dedica a otras actividades productivas o es asalariado)  
(1 = el dueño solo se dedica al procesamiento de almidón de yuca)
- $X_{10}$  = forma de comercialización del almidón (0 = el procesador vende su almidón a un intermediario)  
(1 = el procesador vende su almidón directamente a la industria que lo consume)
- $X_{11}$  = productor de yuca (0 = el procesador no produce yuca)  
(1 = el procesador es también productor de yuca)
- $X_{12}$  = ingresos (0 = el procesador recibe solo parte de sus ingresos del procesamiento de almidón de yuca)  
(1 = el procesador recibe todos sus ingresos del procesamiento del almidón de yuca)
- $X_{13}$  = crédito (0 = el procesador no recibió crédito para producir almidón de yuca)  
(1 = el procesador recibió crédito para producir almidón de yuca)
- $X_{14}$  = asistencia técnica (0 = el procesador no recibió asistencia técnica para la producción de almidón de yuca)  
(1 = el procesador recibió asistencia técnica para la producción de almidón de yuca)
- $X_{15}$  = socio (0 = el procesador no es socio de la cooperativa)  
(1 = el procesador es socio de la cooperativa)