

Artículo de Reflexión

Ventajas de incorporar nuevas variedades al cultivo del algodón en el Valle del Sinú

Advantages of incorporating new varieties in the cultivation of cotton in the Sinú Valley

Antonio María Martínez Reina^{1*}, Sandro Salcedo², Lilibet Tordecilla Zumaqué³, Lorena Osorio Almanza⁴, Oscar Burbano Figueroa⁵

Recibido para publicación: Diciembre 16 de 2017 - Aceptado para publicación: Mayo 24 de 2018

RESUMEN

El análisis económico de las opciones tecnológicas es un complemento a la investigación biofísica. Este trabajo tuvo como objetivo estimar las ventajas económicas de incorporar nuevas variedades de algodón, para disminuir los costos de producción del algodón en el Valle del Sinú, departamento de Córdoba y tornar el cultivo más competitivo; ya que la superficie cosechada en Colombia en el 2015 disminuyó en 39%, debido a los altos costos de producción de más de 5 millones por hectárea y bajos rendimientos de 680 kilos de fibra de algodón por hectárea con pérdidas \$1.157.827 pesos colombianos. Entre los limitantes de la producción se encuentran los ataques de plagas y enfermedades especialmente el picudo del algodón (*Anthonomus grandis*) y la ramolosis los cuales participan en el 60 % de los costos de producción. Se concluye que la introducción de genotipos con tolerancia a los mencionados problemas fitosanitarios, contribuirá en el incremento de la productividad del cultivo.

Palabras clave: Rendimientos, costos, precios, competitividad, déficit, producción, consumo.

ABSTRACT

The economic analysis of technological options is a complement to biophysical research. The objective of this work was to estimate the economic advantages of incorporating new varieties of cotton, to reduce the production costs of cotton in the Sinú Valley, department of Córdoba, and to make the crop more competitive; since the surface harvested in Colombia in 2015 decreased by 39%, due to the high production costs of more than 5 million per hectare and low yields of 680 kilos of cotton fiber per hectare with losses of \$ 1,157,827 Colombian pesos. Among the limitations of production are the attacks of pests and diseases, especially the cotton weevil (*Anthonomus grandis*) and the ramolosis, which participate in 60% of production costs. It is concluded that the introduction of genotypes with tolerance to the mentioned phytosanitary problems, will contribute in the increase of the productivity of the crop.

Key words: Yields, costs, prices, competitiveness, deficit, production, consumption.

¹*PhD. C.I. Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Km 13 vía Montería – Cereté, Cereté, Córdoba, Colombia. Teléfono: 0914227300 Ext 2224. Correo electrónico: antoniamarti40@hotmail.com.

² Economista. Investigador de apoyo. Contratista. C.I. Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Km 13 vía Montería – Cereté, Cereté, Córdoba, Colombia, salcedouno@hotmail.com

³ Ingeniero Agrónomo. Profesional de apoyo. C.I. Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Km 13 vía Montería – Cereté, Cereté, Córdoba, Colombia, ltordecilla@corpoica.org.co

⁴ Geógrafa Contratista. C.I. Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Km 13 vía Montería – Cereté, Cereté, Córdoba, Colombia, loreosorio@hotmail.com.

⁵ Biólogo MSc. Investigador Master C.I. Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Km 13 vía Montería – Cereté, Cereté, Córdoba, Colombia, oburgano@corpoica.org.co

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las estadísticas de la Confederación Colombiana del Algodón (CONALGODÓN (2016), la producción de algodón en Colombia presentó una reducción en el área sembrada del 39% en la campaña 2016 – 2017, lo cual se explica por los altos costos de producción de más de 5 millones por hectárea y bajos rendimientos de 680 kilos de fibra de algodón por hectárea con pérdidas 1.157.827 pesos por hectárea que hicieron que muchos agricultores dejaran de cultivar o salieran del mercado. Históricamente.

El área algodonera en Colombia ha presentado disminuciones, es así como a partir de 1997 pasaron de 377.246 a 32.000 hectáreas en 2015, lo cual se atribuye principalmente a la falta de variedades adaptadas a la condiciones del trópico y a la susceptibilidad a plagas como el picudo y enfermedades como la ramolosis agente causal *Ramularia areola*. Con relación a la competitividad del cultivo en Colombia, frente los Estados Unidos de Norteamérica, se tiene como desventaja la protección económica que tiene los Estados Unidos a los agricultores; sin embargo, si se analizan dos variables como son los costos unitarios y los rendimientos de fibra de algodón por hectárea, se concluye que la protección económica no es la causante de la baja competitividad del cultivo en Colombia. Si se compara los rendimientos del cultivo del algodónero entre Colombia y Estados Unidos, para el primer país, son de 852 kilos de fibra por hectárea cifra que fue obtenida del trabajo de campo y validada con el comité de reactivación del algodónero donde participan agricultores y la industria textil, en tanto que Estados Unidos obtiene 1.360 kilos por hectárea, así mismo, el costo de producir un kilo de fibra en Colombia es de 418 dólares por kilo de fibra para Colombia frente a Estados Unidos de 166,2 dólares por kilo de fibra lo que significa que Colombia produce el mismo kilo de algodón con 2,52 dólares más costoso que Estados

Unidos. Igualmente Colombia es deficitario produciendo algodón el país requiere importar 58.000 toneladas de fibra de algodón y su principal proveedor es Estados Unidos.

Previo a este trabajo se han realizado otros estudios, entre los que se destacan el trabajo de (Baquero *et al.*, 2011); donde analizaron la adopción y respuesta de los agricultores al uso de las semillas transgénicas en algodón, mediante un análisis de costos en dos situaciones una con variedades convencionales y la otra con semillas transgénicas, concluyendo que los transgénicos son excluyentes en el caso de los pequeños productores. El trabajo pone en evidencia que los cultivos Genéticamente Modificados en Colombia sobre todo en la región de la costa, han presentado una gran acogida por parte de los agricultores, ya que desde 2007 el crecimiento de las áreas cultivadas en variedades transgénicas han aumentado en la región costa en comparación con las variedades convencionales. Esta tendencia se ve reflejada aun en el 2015 donde la siembra de estas variedades predomina. El estudio concluye que los resultados poco satisfactorios del algodón genéticamente modificado GM en Montería, Córdoba, en 2009 y 2010 han dado lugar a diferentes versiones, una de las cuales explica que las variedades genéticamente modificadas son muy especiales y que sólo sirven para productores grandes y de alta tecnificación que las ventajas económicas con que se presentan para su venta no corresponden con la realidad (López, 2008).

(Martínez, 2010); realizó un trabajo de estimación de una función de costos de producción en el cultivo del algodón en el Valle del Sinú para analizar la racionalidad de los agricultores. El objetivo fue analizar la racionalidad del productor algodonero referente al uso de insumos que constituyen la estructura de costos con el fin de hacer recomendaciones que permitan mejorar la competitividad del cultivo. Se presenta una evidencia de la

aplicación de la teoría neoclásica en el caso del cultivo de algodón en el Valle del Sinú, departamento de Córdoba en Colombia. Los resultados están sustentados en datos a través de 108 encuestas tomadas en campo en el año 2005. Los datos fueron ajustados según el Índice de Precios al Productor del Banco de la República para ser actualizados a precios de 2009. Los supuestos empleados son el de la minimización de los costos y la racionalidad del productor. Se formuló el modelo teórico y el modelo matemático, se hizo la estimación de los parámetros y se procedió al análisis de la información y discusión de resultados, llegando a determinar un costo mínimo. Este trabajo permitió evidenciar la validez de la teoría neoclásica de la función de producción aplicada al caso específico del cultivo del algodón y la asignación irracional de los recursos al momento de utilizar factores de producción. El trabajo concluye que a pesar de que el productor tiende a ser racional termina subutilizando factores de producción, en este caso el factor capital y trabajando con costos superiores en un 41 por ciento por encima del costo mínimo estimado en la función comprometiendo su eficiencia y competitividad.

(Martínez, 2012); en un trabajo en el Valle Cálido del Alto Magdalena, analizó las diferentes tecnologías de mecanización del suelo y concluyó que la labranza mínima y cero posee costos más bajos, un 4,4% en promedio menos que la labranza convencional, haciéndola más rentable y que la labranza vertical es más costosa, en promedio \$244.909,63 más por hectárea, pero resulta más productiva en términos de tonelada de fibra por hectárea, dando un 34%, resultando rentable. Las variables que explicaron en mayor forma las decisiones de adoptar tecnologías de manejo de suelos fueron la baja presencia de malezas y la disponibilidad de maquinaria, hecho que fue corroborado en entrevistas con los agricultores de la zona objeto de estudio,

por cuanto a juicio de estos, la labranza convencional ocasiona una menor presencia de malezas y por tanto menores costos de herbicidas, sin embargo el sobre laboreo ocasiona compactación del suelo.

(Martínez, 2015); analizó la competitividad de la producción de algodón en Colombia, a través de un análisis comparativo de los patrones de costos de producción de las regiones productoras de Colombia, con relación a los principales países productores de la fibra de algodón. Con datos del gremio algodonero Conalgodón, organizaciones de productores y la industria textil. Se usaron técnicas estadísticas como frecuencias, tablas de contingencia, cálculo de estadísticas descriptivas para la medición económica y estimaciones por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), especialmente para la estimación de las funciones de oferta y demanda los datos transformados en logaritmo permitieron a través de la estimación calcular las elasticidades precio tanto de la oferta como de la demanda. En el caso de la oferta permite entender que existen rendimientos a escala constante en el entendido que la respuesta del aumento de la producción (0,995) es muy cercana a los incrementos en los precios. Para el caso de la demanda, el valor (-0,66) indica que la variación del 1% en el precio del algodón produce una disminución de la cantidad demandada de algodón del 0,66 %. Para el análisis de competitividad se comparó el costo unitario de producción de Colombia frente a otros países productores de fibra de algodón. Los resultados permiten concluir, por un lado, que la producción de fibra corta en Colombia es factible de aumentar y dedicar más áreas a este tipo de cultivo dada la tendencia creciente de la demanda por parte de la industria, la cual supera, en estos momentos, a la hilatura de anillos o fibra larga por otra parte, en las condiciones actuales, el país no es competitivo produciendo algodón y, por esta razón, el componente de este material importado es

creciente a través del tiempo.

(Chegwin, 2006) realizó una evaluación económica bajo el enfoque de Costo Beneficio/costo para determinar la bondad económica de usar semillas de algodón genéticamente modificadas especialmente la utilización del algodón Bollgard frente a la alternativa de producción convencional del algodón en el departamento de Córdoba. Los resultados de este estudio de caso difieren de la experiencia en otros países del mundo usando estos materiales donde no se evidencian ventajas de usar este tipo de semillas. El trabajo plantea como conclusión que la implementación de algodón Bollgard™ en Córdoba no representa beneficios económicos para el agricultor.

El objetivo de este trabajo fue valorar y estimar las ventajas económicas de incorporar nuevas variedades de algodón que permitan disminuir los costos de producción del algodónero principalmente en los componentes de manejo de plagas enfermedades picudo *Anthonomus grandis* y ramulosis *Ramularia aerola* en el Valle del Sinú de la Región Caribe de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio de tipo descriptivo se presenta la situación actual de la producción de algodón en la Región Caribe de Colombia, en la que se hizo combinación de diferentes técnicas e instrumentos de recolección de la información como las encuestas aplicadas a los productores, talleres de validación de información técnica y económica que dieron lugar a los costos de producción. Para el análisis de las variables socioeconómicas que afectan los ingresos del gremio algodónero, (rendimientos, producción, áreas cosechadas, costos, ingresos) fueron obtenidos de las encuestas aplicadas a los productores y procesados en una base de datos bajo el programa SPSS donde se realizaron posteriormente las salidas y análisis pertinentes a cada una de las variables

mencionadas. Paralelamente al desarrollo del estudio se fue incorporando la información técnica proveniente de los experimentos en campo que dio lugar a la formulación de los escenarios de reducción de costos por medio del control del picudo y de la ramulosis, con la finalidad de establecer posibles reducciones de los costos con un mejor manejo de las plagas y enfermedades en los cultivos. El trabajo se encuentra enmarcado dentro de dos grandes componentes: uno de estos se estiman los costos de producción en el Valle del Sinú y el otro que considera los escenarios que permitan proponer disminuciones de los costos una vez se apliquen estas opciones tecnológicas.

Para la caracterización socioeconómica de los productores de algodón se realizó el trabajo de campo en las fincas de agricultores y la definición del tamaño de la muestra se hizo a través del método muestreo estratificado simple (Fernandez, 2001), la cual consistió en que a partir de, un número de agricultores en toda la región, el cual es producto de la revisión de información secundaria principalmente las estadísticas de Conalgodón y los trabajos recientes de (Baquero *et al.*, 2011), donde se precisa el total de productores, los cuales se estimaron en 199 como resultado de un proceso de confrontación de fuentes de información que constituyen el 100% o sea el universo que se representa en la fórmula con la letra N, a través de una variable de muestreo que fue el uso de semilla del algodones genéticamente modificados y el uso de semilla convencional, para lo cual se encontró que un 62% de los agricultores algodóneros usan semilla transgénica, en tanto que el 38% usan semilla convencional y con base en esto se definieron los porcentajes que permitieron aplicar la fórmula.

Para calcular el tamaño de muestra se aplicó la siguiente fórmula: (Morrillas, 2012)

$$n = \frac{N * N^1 * p * q}{(N-1) * (e)^2 + N^2 * p * q}$$

Dónde:

Z: Correspondiente al nivel de confianza elegido en este caso el 90 por ciento

P: proporción de los agricultores que usan la semilla transgénica.

q: Diferencia entre el total de la población y la proporción de agricultores que usan la semilla convencional. .

e: Error máximo de muestreo permitido el 13%.

Para este caso las variables que intervienen en la fórmula son:

N: Población total número de agricultores de las 199 que cultivan algodón.

Z: corresponde al nivel de confianza elegido 95% (1,96)

Para este caso la fórmula que se aplicó fue:

N: Población total en este caso 199 agricultores de algodón.

Z: corresponde al nivel de confianza elegido 95% (1,96)

P: Proporción de agricultores que utilizan semilla transgénica 62% con relación al total que suma 123 agricultores.

Q: Diferencia entre la población total y el número de agricultores que usan semilla convencional 38%. Que suma en total 76 agricultores.

$$n = \frac{201,8}{4,65} = 43$$

Como resultado de aplicación de la fórmula se definió que se deben realizar 43 encuestas en los departamentos de Córdoba, Sucre, La Guajira y Cesar.

El muestreo se hizo con afijación proporcional la muestra se distribuyó de tal manera que las localidades o departamentos que más productores tienen, es donde mayor número de encuestas se hicieron en este caso fue en el departamento de Córdoba y menor número en el departamento de La Guajira (Tabla 1). La captura de información primaria se

Tabla 1. Distribución del número de encuestas realizadas en el sistema de producción algodonero por departamento de la Región Caribe.

Departamento	Número de agricultores	Porcentaje	Número de encuestas
Córdoba	155	78	35
Sucre	12	6	3
La Guajira	8	4	2
Cesar	24	12	3
Total	199	100	43

Fuente: Cálculo con base en Alcaldías y Secretarías de desarrollo. 2015.

realizó a través de la elaboración de un formato de encuesta validado y probado en campo que consta de 53 preguntas en cuatro capítulos y 138 preguntas distribuidas en cuatro capítulos, para ser diligenciado por agricultores dedicados al cultivo de algodón en los departamentos de la región Caribe colombiana, la información obtenida fue tabulada y procesada en el programa SPSS por medio de análisis estadísticos descriptivos de frecuencia, tablas de contingencia o tabulación cruzada de los datos en el caso de variables nominales o cualitativas, bajo el supuesto de la dependencia de una variable sobre la otra (variable independiente y/o explicativa). Como lo afirma Rodríguez las tablas de contingencia permiten resumir la información midiendo la asociación entre dos variables que forman la (Rodríguez y Mora, 2001).

La información obtenida en campo a través de las encuestas fue validada, empleando el método del consenso en un taller con 20 agricultores de la región. Los agricultores seleccionados se caracterizaron por poseer amplia experiencia y tradición en el cultivo de algodón de la costa Caribe colombiana. Este taller fue realizado en las instalaciones de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) sede Turipaná en el mes de abril de 2016. Las variables económicas estudiadas fueron costos, precios, rendimientos, punto de equilibrio, demanda, oferta, precios, beneficio e ingresos netos, a partir de los cuales se crearon patrones de costos de acuerdo a

una estructura definida previamente para su posterior análisis. Sobre el patrón de costos establecido se estimó el efecto de incrementos de rendimiento y alternativas tecnológicas para disminuir los costos asociados al manejo de plagas y enfermedades. En ningún momento se pretendía contaminar la información ni incurrir en sesgos solo se validó con expertos en el cultivo del algodón y los resultados en cuanto a cantidades de insumos y labores culturales no variaron mucho con los promedios obtenidos en los datos analizados de las encuestas.

Para el caso de los análisis de eficiencia y rentabilidad del cultivo hizo uso de la información de los patrones de costos de producción que se obtuvieron del consenso con los agricultores expertos que permitieron el cálculo de las variables económicas como:
 Costos de producción: considerados la expresión económica de las diferentes labores que se realizan en el cultivo donde se identifican, la mano de obra, los insumos agroquímicos como semilla, fertilizantes, insecticidas, fungicidas, herbicidas, reguladores de crecimiento, servicios y los costos fijos identificando la actividad, las unidades, las cantidades, el valor unitario y el valor total. La forma más general de representar los costos totales es:

$$\text{Costo Total} = (Q_1XP_1) + (Q_2XP_2) + (Q_3XP_3) + \dots + (Q_nXP_n)$$

Dónde: q = Cantidad del insumo
 P = Precio del insumo

En el caso del precio de los insumos se valoraron a precio de campo es decir el costo en el almacén agrícola más el valor del transporte a la finca o unidad productiva, en el caso de la mano de obra el valor de un jornal agrícola en la zona y en general se tomó el concepto estadístico de moda considerando lo que en común hace un grupo de agricultores y los insumos que utiliza en el cultivo. Estos datos fueron suministrados por los agricultores y validados con la información del comercio de productos agrícolas.

Ingresos Brutos: Se define como las cantidades producidas en este caso los kilos de fibra de algodón multiplicadas por el precio de venta.

$$It = \sum_{i=1}^n p \times q$$

It = ingreso (en unidades monetarias);
 q = cantidad de producto vendido del producto í (en unidades físicas). p = precio del producto í en el mercado (en unidades monetarias por unidad física de producto; í = 1, 2, 3,....., n productos.

Ingreso Neto: Es la diferencia entre el ingreso bruto y el costo total. Indica si hay ganancia o pérdida.

$$IN = IB - CT$$

En este caso se consideró el valor total de los kilos de fibra producidos y vendidos multiplicado por su precio de venta y a esto se deduce el total de costos incurridos para obtener los kilos de fibra por hectárea.

Rentabilidad: Es la relación entre el ingreso neto y el costo total, muestra los retornos o rendimientos de la inversión.

$$\text{Rent} = \frac{IB - CT}{CT} * 100$$

Punto de Equilibrio (Pe): Indica las cantidades de producto en este caso los kilos de fibra de algodón que se deben producir para equilibrar los ingresos con los costos.

$$Pe = \frac{\text{Costo Total}}{\text{precio}}$$

Los análisis fueron posibles en la medida que los productores aportaron la información que después fue validada en el taller por el método del consenso y permitió calcular los indicadores de rentabilidad como ingreso neto, rentabilidad y punto de equilibrio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información disponible en CONALGODON (2015) permitió hacer los análisis para las dos regiones productoras de algodón en Colombia: la Costa Atlántica y el interior del país. Los análisis mostraron que en la región de la Costa Atlántica el departamento de Córdoba es el que mayor incurre en costos de producción seguido de Cesar Norte y Cesar Sur. La siembra es el rubro con mayor valor, con el 23,54% del total de los costos. La recolección y manejo de plagas y enfermedades participan con el 14,91% y el 14,21% respectivamente. El desmote participa con el 11,83%. Los costos totales en la campaña algodónera el año 2016 - 2017 fueron de \$ 5.044.478 pesos colombianos/tonelada de fibra de algodón equivalente a 1770,6 dólares (La Tasa Representativa del mercado de 2849 pesos colombianos a marzo de 2018). En el caso del interior del país, la región de Tolima es la que mayores costos por tonelada de fibra presentan 6.838.158 pesos/tonelada de fibra de algodón que supera a todas las regiones del país, los departamentos de Huila y Tolima; sus costos son similares. Los rubros que más altos costos tiene la región de Tolima son los relacionados con: abonamiento con 14,25% del total de los costos y la siembra con 14,07% del total de costos. En las dos regiones los costos de producción están por encima de los precios lo que hace que los agricultores trabajen a pérdida.

La comparación de los costos de producción de fibra de algodón en el caso de Colombia con Estados Unidos, se encontró que de acuerdo con los datos de International Cotton Advisory Committee (ICAC, 2016) mientras que en Colombia el kilo de algodón fibra se produce en 4,18 dólares equivalente a 8.360 pesos colombianos, Estados Unidos produce a 1,66 dólares equivalente a 3.320 pesos colombianos, en estas condiciones es evidente la falta de competitividad con relación al mayor proveedor de fibra de algodón. A esto hay que agregar que los rendimientos físicos

son inferiores en Colombia lo que invalida por completo la premisa que la protección de Estados Unidos a su producción hace que el algodón colombiano no sea competitivo, incluso sin TLC Colombia produce un algodón más costoso que estados unidos lo cual se refleja en el costo unitario de producción que es más bajo para Estados Unidos y además Colombia presenta déficit en algodón en 58.000 toneladas que tiene que importar. La caracterización socioeconómica de los agricultores algodoneiros de acuerdo con la información de campo a partir de las encuestas aplicadas a los 45 productores de algodón de la Región Caribe, permite apreciar que se trata de pequeños agricultores donde el 51% de la muestra encuestada siembran menos de 10 hectáreas y solo el 19,8% el tamaño de las fincas supera las 50 hectáreas. Con relación a la variable género la mayor parte de los agricultores son hombres, los cuales se encuentran representados en un 87%, cuya edad promedio es de 50 años, a partir de lo cual se logra deducir que los agricultores de la región son personas de edad avanzada y que los jóvenes no se encuentran dedicados a desarrollar dicha actividad.

La ausencia de jóvenes en el campo este se asocia al grado de escolaridad de los agricultores, los cuales en un 41% cuentan con una educación primaria, seguido de un 21% con un nivel educativo secundario, un 18% con educación profesional, 13% sin educación escolar alguna y un 7,7% con formación técnica, a partir de lo cual es posible deducir que, en su mayor parte estos cuentan con una formación escolar primaria, cuyos cargos dentro de las fincas o parcelas corresponden a propietarios del cultivo, capataces, asistentes técnicos, entre otros.

La toma de decisiones técnicas sobre el cultivo en un 80% son tomadas por el asistente técnico, seguido del administrador del cultivo el cual está representado en un 11,1% y por el agricultor representado este en un 8,9%.

Con relación al tipo de tenencia de la tierra, se encontró que un 68,9% es propia, seguido de un 28,9% que corresponde a terrenos en arriendo y una mínima parte con un valor porcentual del 2,2 son terrenos con tenencia mixta (Tabla 2).

Tabla 2. Tenencia de la tierra por parte de los agricultores de algodón.

Tenencia	Frecuencia	Porcentaje
Propia	31	68,9
Arriendo	13	28,9
Mixta	1	2,20
Total	45	100,0

Fuente:Elaboración propia con base en las encuestas realizadas en campo,2016.

De acuerdo con los resultados de este estudio de Corpoica 2016, las principales características introducidas biotecnológicamente fueron, inicialmente, la resistencia a insectos y posteriormente la tolerancia a herbicidas. Para el 2015 en lo que respecta al costo de los insecticidas han aumentado en un 14% con respecto al año 2011, para este año su disminución en dosis y aplicaciones fue de 50% mientras que para el 2015 estuvo en 36%. Por tal motivo la rentabilidad que se define como la relación entre el ingreso neto y los costos totales por hectárea también fue afectada, para el 2011 estuvo alrededor de 37%

para el 2015 se estimó en 6%. Cifras calculadas en el patrón de costos de cada una de las variables realizadas en el presente estudio.

Partiendo de los datos obtenidos en el estudio, en el cual los costos totales son de 5.428.547 pesos por hectárea sembrada de algodón, para la variedad convencional, se hizo el planteamiento de dos nuevos escenarios.

El primero es aquel donde se mantienen los rendimientos iguales a los obtenidos en la cosecha 2016-2017 de 0,70 toneladas de fibra por hectárea, en el cual se necesitaría disminuir los costos totales en 3.950.000 pesos expresado en dólares sería de 1386,45, esto representa una diferencia de 1.478,547 pesos que convertidas a dólares sería de 518,9 dólares, para equilibrar los ingresos con los gastos y empezar de esta forma a producir sin pérdidas. Como segundo escenario se planteó que manteniendo los mismos costos por hectárea, se hace necesario aumentar los rendimientos de algodón fibra en 0,977 toneladas por hectárea, un aumento de 0,277 toneladas (Tabla 3).

Mediante un ejercicio de simulación realizado durante el desarrollo del estudio, se obtuvo que los factores de producción que pueden

Tabla 3. Simulación de alteración en costos y rendimientos que permiten la producción sin incurrir en pérdidas.

Factores de producción	Escenario 1. Disminución de costos totales sin cambio en el rendimiento actual			Escenario 2. sin Mantenimiento de costos con in- cremento en rendimientos		
	Costo de producción		3.950.000			5.428.547
Rendimiento Algodón semilla t ha ⁻¹		2			2,79	
Rendimiento algodón fibra t ha ⁻¹	0,7	5.045.000	4.031.500	0,977	5.045.000	5.428.965
Ingreso por algodón semilla	1	500.000	500.000	1	500.000	500.000
Ingreso por algodón fibra	0,7	5.045.000	3.531.500	0,977	5.045.000	4.928.965
Ingreso total		4.031.500			5.428.965	
Costo Unitario Ton/algodón Fibra		5.142.857			7.255.067	
Precio tonelada algodón fibra		5.045.000			5.045.000	
Beneficio / Costo		1,02			0,93	
Ingreso Neto		81.500			418,00	
Punto de equilibrio		0,782953419			1,076025173	

Fuente: Cálculos de Corpoica con base en trabajo de campo. 2016.

disminuir sus costos, para así disminuir los costos totales y no incurrir en pérdidas son dentro de los costos directos, el rubro de mano de obra, el cual con base a la simulación debería pasar de 1.571.000 que corresponde a 551,4 dólares a 1.092.453 pesos que corresponden a 383,45 dólares, esto representa una diferencia de 478.547 pesos colombianos que expresado en dólares es 167,97 dólares de Estados Unidos que corresponde a una disminución del 9% del costo total. Que estaría dividida en 3% en aplicación de insumos, un 6% en recolección manual su reducción puede presentarse por un cambio con la recolección mecánica, los costos de recolección son menores. Como segundo se encuentra el rubro de insumos, que tendrían que pasar de 1.964.900 pesos colombianos que expresado en dólares sería de 689,6 a un valor de a 1.264.900 pesos colombianos que equivale a 443,9 dólares que representa una diferencia de 700.000 pesos colombianos equivalente en dólares a 245,7 que corresponde al 13% del total de costos (Tabla 4). En esta alternativa de solución, se requeriría el desarrollo de variedades que sean menos exigentes en la aplicación de insumos. Por parte de los costos indirectos se simuló una reducción en donde tendría que disminuir de 1.563.647 pesos colombianos que expresado en dólares sería de 548,8 a un valor de 1.263.647 pesos colombianos que expresado en dólares corresponde a 443,5 que representa una

diferencia de 300.000 pesos y en dólares sería de 105,3 que corresponde a 6% de los costos totales. De los costos indirectos se mencionan los tres rubros de mayores costos en donde se simuló las disminuciones mencionadas, primero es la comercialización que tendría que disminuir de 300.000 pesos colombianos que expresado en dólares da un valor de 105,3 pasar a un valor de 150.000 pesos colombianos equivalente en dólares a 52,6 una disminución de 150.000 pesos esto representa un 3% del costo total. El desmote tendría que reducirse de 340.000 pesos colombianos que equivalen a 119,3 dólares de Estados Unidos pasar a 250.000 pesos colombianos que corresponden a 87,75 dólares con una diferencia de 90.000 pesos colombianos que equivalen a 31,59 dólares que corresponden al 2% de los costos totales, y por último el arriendo de la tierra que se encuentra en 400.000 pesos colombianos que corresponden a 140,4 dólares tendría que disminuir a 340.000 pesos colombianos que corresponden a 119,3 dólares que corresponde a una diferencia de 60.000 pesos que equivale a 21,06 dólares que corresponden al 1% de los costos totales (Tabla 4).

La información obtenida de los agricultores en cuanto a materiales de siembra en el cultivo del algodón muestran que las variedades que se siembran actualmente presentan rendimientos que no permiten cubrir los

Tabla 4. Costos reales e ideales de producción en una posible disminución para aumentar la eficiencia de la producción algodonera.

Factores de producción	Costos reales	%	Costo ideal	%	Diferencia	%
Costo total convencional	5.428.547		3.950.000		1.478.547	28%
Costos directos	3.864.900	71%	2.686.353	68%	1.178.547	22%
Mano de obra	1.571.000	29%	1.092.453	28%	478.547	9%
(Aplicación Insumos)	609.000	11%	430.453	11%	178.547	3%
(Recolección manual)	600.000	11%	300.000	8%	300.000	6%
Insumos	2.293.900	42%	1.593.900	40%	700.000	13%
(Costoutilización de insumos)	1.964.900	36%	1.264.900	32%	700.000	13%
Costos indirectos	1.563.647	29%	1.263.647	32%	300.000	6%
(Comercialización)	300.000	6%	150.000	4%	150.000	3%
(Desmote)	340.000	6%	250.000	6%	90.000	2%
(Arriendo)	400.000	7%	340.000	9%	60.000	1%

Fuente: Cálculos de Corpoica con base en trabajo de campo. 2016.

costos de producción del cultivo, es decir que con un rendimiento de 675 kilos de fibra de algodón por hectárea se incurre en pérdida del orden de 556.000 pesos por hectárea y en estas condiciones no es rentable cultivar algodón. El cultivo de algodón para ser una opción competitiva requiere el desarrollo de nuevas variedades o estrategias de manejo del cultivo que incrementen los rendimientos. El mercado de las variedades de algodón está dominado por materiales provenientes de Estados Unidos y en consecuencia desarrollados para climas cálidos de días relativamente largos. Estas variedades son vulnerables al estrés por calor especialmente durante periodos húmedos. En este caso, los rendimientos pueden ser incrementados en el Valle del Sinú con el uso de variedades adaptadas a las condiciones del trópico húmedo.

El rendimiento del algodón en el Valle del Sinú no solo está dado por las limitaciones fisiológicas de las variedades existentes, sino por la constante presión de plagas y enfermedades, típica del Trópico. En este contexto nuevas variedades diseñadas para el Valle del Sinú tienen que exhibir tolerancia o resistencia a insectos plaga, especialmente al picudo del algodón (*Anthonomus grandis*) y enfermedades.

El picudo representa el mayor componente del costo de producción con un valor de 869.400 pesos colombianos que equivale a 305,15 dólares por hectárea. Las enfermedades son de menor participación dentro del costo de los insumos con 214.500 pesos. Que corresponden a 75,2 dólares por hectárea. El control de plagas y enfermedades en su conjunto representa más de un millón de pesos por hectárea (Tabla 5).

Tres estrategias de manejo del picudo son posibles para el cultivo del algodón: la resistencia genética, el control químico y el control etológico. Las dos últimas han sido implementadas en el Valle del Sinú sin llegar a ser efectivas desde el punto de

vista costo-beneficio. En la última década se ha planteado el desarrollo de variedades transgénicas de algodón expresando variantes de la proteína Cry capaces de controlar o reducir el daño provocado por *Anthonomus grandis*. De Oliveira *et al.* (2016) insertaron una variante Cry tóxica para picudo que exhibe resistencia parcial a esta plaga. En el caso de enfermedades, la ramulosis causada por *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides* es la principal limitante del cultivo.

Todos las especies o cultivos de plantas seleccionadas por atributos como adaptación al ambiente disponibles en el caso del algodón en Colombia son susceptibles a esta enfermedad. Sin embargo, la evaluación de líneas avanzadas de mejoramiento ha demostrado la existencia de resistencia horizontal a ramulosis (De Oliveira *et al.*, 2016). Potencialmente, el efecto acumulado de la resistencia transgénica a picudo y la resistencia horizontal a ramulosis podrían eliminar una gran parte de los costos asociados al manejo de plagas y enfermedades. El efecto sobre la estructura de costos al controlar individualmente cada una de estas limitantes se muestra en la tabla 5.

El análisis de la situación de rentabilidad con la introducción de nuevas variedades en las cuales se han aplicado genes de resistencia al picudo o genes de resistencia a ramulosis a los cultivares transgénicos disponibles de algodón; como son la resistencia a lepidópteros y tolerancia a herbicidas, se puede apreciar en la tabla 5, para lo cual se hizo la comparación entre un cultivo con materiales convencionales y otro con la aplicación de genes con resistencia a picudo y ramulosis. Cuando el cultivo se siembra usando variedades convencionales, los costos por hectárea son de 5.428.547.5 pesos colombianos que equivale a 1905,4 dólares en tanto que la variedad con característica de tolerancia a picudo los costos son de 5.037.607.5 pesos colombianos que equivale a 1.768 dólares con una diferencia de 390.940

Tabla 5. Comparación de escenario de costos implementando la resistencia/tolerancia a *Anthonomus grandis* y ramulosis en cultivares de algodón resistentes a lepidópteros y tolerantes a glifosato.

Factores de producción	Unidad	Valor unitario	Convencional		Resistencia a lepidópteros - Tolerancia a herbicidas		Resistencia al picudo*		Resistencia a ramulosis*	
			Cantidad	Vr. Total	Unidad	Vr. Total	Unidad	Vr. Total	Unidad	Vr. Total
Costos directos				3864900		\$ 4,012,900		3509500		\$ 3,798,400
Mano de obra				1571000		\$ 1,431,000		1311000		\$ 1,359,000
Control manual de malezas (1ra lim- pia + desbejuque)	Jornal	10000	14	140000	0	\$ 0	0	0	0	\$ 0
Aplicación Insecticidas picudo	Jornal	12000	10	120000	10	\$ 120,000	0	0	10	\$ 120,000
Aplicación fungicidas ramularia	Jornal	12000	2	24000	2	\$ 24,000	2	24000	0	\$ 0
Aplicación fungicidas antracnosis	Jornal	12000	4	48000	4	\$ 48,000	4	48000	0	\$ 0
Aplicación Fungicidas alternaría	Jornal	0	0	0	0	\$ 0	0	0	0	\$ 0
INSUMOS				2293900		\$ 2,581,900		2198500		\$ 2,439,400
Semilla de Algodón	Kilo	15000	15	225000	15	\$ 735,000	15	735000	15	\$ 735,000
Herbicida Diuron	Kilo	45000	2	90000	0	\$ 0	0	0	0	\$ 0
Insecticida Proteus -picudo	Litro	108000	0.8	86400	0.8	\$ 86,400	0	0	0.8	\$ 86,400
Insecticida Fipronil -picudo	Litro	90000	3.3	297000	3.3	\$ 297,000	0	0	3.3	\$ 297,000
Fungicida Amistar top	Litro	180000	0.5	90000	0.5	\$ 90,000	0.5	90000	0	\$ 0
Fungicida Benlate	Kg	45000	0.5	22500	0.5	\$ 22,500	0.5	22500	0	\$ 0
Fungicida Carbendazym	Litro	30000	1	30000	1	\$ 30,000	1	30000	0	\$ 0
COSTOS INDIRECTOS				1563647.5		\$ 1,578,448		1528107.5		\$ 1,556,998
TOTAL COSTOS				5428547.5		\$ 5,591,348		5037607.5		\$ 5,355,398
COSTOS VARIABLES										
Costos manejo plagas				797400		\$ 797,400		286344		
Costos manejo enfermedades				214500		\$ 214,500				\$ 54,420

* En este escenario se han aplicado genes de resistencia al picudo o genes de resistencia a ramulosis a los cultivares transgénicos disponibles de algodón: resistencia a lepidópteros y tolerancia a herbicidas.

pesos colombianos que equivale a 137,2 dólares por hectárea. En estas mismas circunstancias en el caso de las variedades resistentes a la ramulosis la diferencia con relación a las variedades convencionales es de 73.150 pesos colombianos que corresponde a 26 dólares por hectárea menos por usar la variedad diferente a la convencional que en total disminuirán los costos de plagas y enfermedades en 464.090 pesos equivalente a 162,9 dólares por hectárea si cambian a las nuevas variedades.

Con estos resultados se aprecia un panorama poco favorable o desalentador para el algodón en Colombia y esto ha venido planteándose en los trabajos anteriores como el de (Baquero *et al.*, 2011), donde afirman que nuevos materiales con resistencia a insectos plaga mejorarían la eficiencia pero que usar transgénicos es excluyente para los pequeños agricultores. Igualmente lo de los altos costos y las diferencias con Estados Unidos y había sido

planteado por (Martinez, 2011), sin embargo lo nuevo de esto es valorar y estimar las ventajas que tendría incorporar las tecnologías que se están desarrollando y que muestran disminuciones en los costos principalmente por manejo de plagas y enfermedades.

CONCLUSIONES

El trabajo permite concluir que este sistema de producción no es competitivo, lo cual se explica por dos razones: La primera, los bajos rendimientos ocasionados por que los materiales que se siembran no están adaptados a las condiciones ambientales de la región, lo cual no permiten equilibrar los ingresos con los costos y mucho menos generar excedentes.

En segundo lugar, el cultivo es altamente dependiente de agroquímicos por concepto de manejo de plagas y enfermedades que cada vez aumentan su precio, en estas condiciones una

alternativa de materiales con características de tolerancia acompañado de un plan de manejo del cultivo permitiría mejorar los niveles de competitividad.

Se pudo apreciar que hay elementos del costo que están sobrevalorados como el arrendamiento de la tierra. Sin embargo, algunos rubros de los costos directos son susceptibles de disminuir como el caso de la semilla e insecticidas haciendo más bajo el costo unitario de producción.

El resultado deja ver la necesidad de continuar con investigaciones que permitan generar variedades con alto nivel de adaptación mejores rendimientos y más competitividad, que generen excedentes y mayor producción de la fibra. Por otra parte estos trabajos deben ir acompañados de la definición de nichos de producción de acuerdo con los requerimientos ambientales de las variedades que genere la investigación biofísica.

REFERENCIAS

- Baquero, I, Jimenez A, Cardozo F. 2014.** "algodón genéticamente modificado: ¿una promesa no cumplida? El caso del algodón OGM en Córdoba, Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. Informe Final 15 p.
- Confederación Colombiana del Algodón CONALGODON. 2016.** Estadísticas Área, Producción Rendimiento cotos de producción. Series históricas. Disponible en <http://conalgodon.com/wp-content/uploads/2016/09/Informe-de-Costos-Costa-2015-2016-JR.pdf>
- Chegwin, J, 2006.** Valoración económica de la implementación de tecnología transgénica en el cultivo de algodón versus la tecnología convencional para el departamento de Córdoba. Tesis de economía Universidad De La Salle, Bogotá, Colombia.
- International Cotton Advisory Committee ICAC cost of production of raw cotton 2016.** En <https://www.icac.org/getattachment/581a5f3c-a00b-4abb-81af-7a20c9ab74ae/Texas-International-Cotton-School-2016.pdf>
- Martínez, A. 2010.** Estimación de una función de costos de producción en el cultivo del algodón en el Valle del Sinú. Revista Temas agrarios, 2(15): 75-82
- Martínez, A. y Gomez, J. 2012.** Elección de los agricultores en la adopción de tecnologías de manejo de suelos en el sistema de producción de algodón y sus cultivos de rotación en el valle cálido del Alto Magdalena. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria (13)1, 62-70.
- Martínez-Reina, A. y Hernandez, M. 2015.** La competitividad del algodón colombiano frente a los principales países productores mediante el enfoque de costos de producción. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria 16(2), 189-215.
- Morillas A. 2012.** Muestreo en poblaciones finitas. Disponible en: <http://webpersonal.uma.es/~morillas/muestreo.pdf>
- Oliveira, R., Oliveira-Neto, O., Moura, H., De Macedo, L., Arraes, M., Lucena, W., Lourenco-Tessutti, I., De Deus, A., Da Silva, M. y Grossi-de-Sa. M. 2016** Transgenic Cotton Plants Expressing Cry11a2 Toxin Confer Resistance to Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and Cotton Boll Weevil (*Anthonomus grandis*) Front. Plant Sci. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00165>.
- Rodríguez, J. y Mora, R. 2001.** Estadística informática: casos y ejemplos con el SPSS. 1. a ed. Alicante: Universidad de Alicante.