

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA - CORPOICA



LOS ESTUDIOS DE ADOPCIÓN E IMPACTO DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS, EL CASO DE LAS TECNOLOGÍAS DE MANEJO DE SUELOS EN EL CULTIVO DEL ALGODONERO EN EL VALLE CÁLIDO DEL ALTO MAGDALENA



Antonio María Martínez Reina – CORPOICA - Líder

Irma Baquero Heaberlin - ECI

Sara Julieth Bernal - ECI

Fernando Cardozo Puentes - CORPOICA

Beatriz Agudelo - CORPOICA

Juan José Rivera Varón - CORPOICA

Alexandra Mañunga Rivera - CORPOICA

Alexis Morales Castañeda - CORPOICA

Julián David Gómez Castillo – CORPOICA

Eduardo Barragán Quijano - CORPOICA

Martínez Reina, Antonio María; Baquero Heaberlin, Irma; Bernal, Sara Julieth; Cardozo Puentes, Fernando; Agudelo, Beatriz; Rivera Varón, Juan José; Mañunga Rivera, Alexandra; Morales Castañeda, Alexis; Gómez Castillo, Julián David y Barragán Quijano, Eduardo / Los estudios de adopción e impacto de tecnologías agrícolas, el caso de las tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón en el valle cálido del Alto Magdalena

Bogotá : CORPOICA, 2012. 132 p.

Palabras clave: ALGODÓN, ADOPCIÓN DE INNOVACIONES, TECNOLOGÍA APROPIADA, CAMBIO TECNOLÓGICO, LABRANZA, MANEJO DEL SUELO, CONSERVACIÓN DEL SUELO, TOLIMA – COLOMBIA, HUILA – COLOMBIA, CUNDINAMARCA - COLOMBIA



Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.corpoica.org.co

ISBN: 978-958-740-102-8

CA: 03103

CUI: 1361

Primera edición: Julio 2012

Tiraje: 450 ejemplares

Producción editorial:
Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmédios.org

Tel: 8937710 / 19 / 39

Diseño: Javier Nieto

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

TABLA DE CONTENIDO

Lista de gráficas	5
Lista de tablas	9
Prólogo	11
Agradecimientos	13
Resumen	15
Introducción	19
I. Elementos teóricos, conceptuales y metodológicos de los estudios de adopción e impacto	23
1. Importancia de los estudios de adopción	23
2. Elementos conceptuales de la adopción	25
3. Metodologías para evaluar la adopción e impacto	29
II. Estudio de caso de medición de la adopción e impacto: el caso del cultivo del algodón en la región del valle cálido del alto magdalena	35
1. Generalidades del estudio de adopción e impacto	35
2. Evaluación técnica de la adopción e impacto	41
3. Evaluación de la adopción e impacto	42
4. Estado actual del proceso de adopción de las tecnologías de manejo de suelos en el valle cálido del alto magdalena	48
5. Análisis comparativo de las diferentes tecnologías	55
6. Evaluación social de la adopción e impacto	72
7. Evaluación ambiental de la adopción e impacto	82
Conclusiones	107
Conclusiones generales	109
Recomendaciones del estudio	111
Bibliografía	113



LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curva de campana que muestra las categorías de innovación individual y los porcentajes dentro de cada categoría. Basada en Rogers, <i>op cit.</i>	26
Gráfica 2. Curva sigmoideal que representa la tasa de adopción de la innovación en el tiempo	27
Gráfica 3. Edad de los productores de algodón Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	48
Gráfica 4. Experiencia de los agricultores de algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	49
Gráfica 5. Participaciones por género de los productores de algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	49
Gráfica 6. Tenencia de tierra para el sistema de producción del algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	50
Gráfica 7. Conocimiento de las tecnologías de manejo de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	50
Gráfica 8. Distribución de probabilidad del precio de algodón	66
Gráfica 9. Distribución de probabilidad de la productividad de algodón interior 1951-2011 en kg/ha	67
Gráfica 10. Dueños de la propiedad agrupados por género	72
Gráfica 11. Tamaño del productor versus género	72
Gráfica 12. Opiniones sobre las tecnologías que no traen ventaja para el núcleo familiar	73
Gráfica 13. Actividades a las que se dedica el tiempo libre por tipo de labranza	74
Gráfica 14. Mejoría en la salud a causa de las tecnologías	74
Gráfica 15. Percepción sobre si ha habido contribuciones a la salud de los agricultores	75
Gráfica 16. Nivel de escolaridad de los productores	75
Gráfica 17. Nivel de educación por tipo de productor	76
Gráfica 18. Afectación de la preparación del suelo sobre la salud humana. Daño en el sistema de producción del algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	77

Gráfica 19. Otras fuentes de ingreso de los productores algodoneros en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	78
Gráfica 20. Influencia de la rotación sobre el daño causado al sistema productivo en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	79
Gráfica 21. Grado de ventajas en el uso de preparación de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	80
Gráfica 22. Grado de desventajas en el uso de preparación de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	81
Gráfica 23. Influencia de la preparación de suelos sobre las actividades sociales en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	82
Gráfica 24. Impacto ambiental sobre la atmósfera con uso continuo de labranza cero	86
Gráfica 25. Impacto ambiental sobre la capacidad productiva del suelo resultado del uso continuo de labranza cero	87
Gráfica 26. Impacto ambiental sobre el agua resultado del uso continuo de labranza cero	87
Gráfica 27. Impacto ambiental sobre biodiversidad con uso continuo de labranza cero	88
Gráfica 28. Impacto ambiental sobre el cambio en el uso de insumos: herbicidas con labranza cero y uso continuo	89
Gráfica 29. Impacto ambiental con labranza cero uso continuo	91
Gráfica 30. Impacto ambiental con labranza cero uso esporádico	92
Gráfica 31. Impacto ambiental sobre el uso de recursos naturales-atmósfera resultado del uso continuo de labranza profunda	93



Gráfica 32. Impacto ambiental sobre la capacidad productiva del suelo con uso continuo de labranza cero	94
Gráfica 33. Impacto ambiental sobre el uso de insumos: herbicidas con uso continuo de labranza profunda	94
Gráfica 34. Impacto ambiental global de la tecnología de suelos con continuo uso de labranza de profundidad	95
Gráfica 35. Impacto ambiental global de la tecnología de suelos con uso esporádico de labranza de profundidad	96
Gráfica 36. Impacto ambiental sobre la capacidad productiva del suelo con uso de algodón transgénico	98
Gráfica 37. Impacto ambiental sobre la calidad y cantidad del agua con uso continuo de algodón transgénico	98
Gráfica 38. Impacto ambiental sobre la biodiversidad con uso continuo de algodón transgénico	99
Gráfica 39. Cambio en el uso de insumos con el uso de algodón transgénico	101
Gráfica 40. Impacto ambiental sobre la recuperación ambiental con uso de algodón transgénico	103
Gráfica 41. Impacto ambiental global de la adopción de algodón transgénico	104
Gráfica 42. Impacto ambiental global de la adopción de algodón transgénico con uso esporádico	105





LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de evaluación de impacto ambiental y su escala de medición	34
Tabla 2. Resultados de la estimación del modelo para medir la probabilidad de adopción de tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón, y sus cultivos de rotación en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	46
Tabla 3. Tamaños de los productores cultivadores de algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	51
Tabla 4. Clasificación de los productores de algodón por sistema de riego del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	51
Tabla 5. Fuentes de información sobre el manejo de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012 (porcentajes)	52
Tabla 6. Vehículo de difusión de tecnologías de manejo de suelos en el sistema de producción del algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2011 (porcentajes)	53
Tabla 7. Razones de implementación de las diferentes tecnologías de manejo de suelo en el algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	53
Tabla 8. Ventajas de las diferentes tecnologías usadas en el manejo de suelos en el cultivo del algodón en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	54
Tabla 9. Desventajas de las diferentes tecnologías usadas en el manejo de suelos en el cultivo del algodón en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	55
Tabla 10. Análisis comparativo de costos entre tecnologías – Zona Centro del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	56
Tabla 11. Análisis comparativo de ingresos entre tecnologías– Zona Centro del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	56
Tabla 12. Indicadores de rentabilidad de las diferentes tecnologías – Zona Centro del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	57
Tabla 13. Análisis comparativo de costos entre tecnologías – Zona Sur del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	57

Tabla 14. Análisis comparativo de ingresos entre tecnologías – Zona Sur del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012 (\$/ha)	58
Tabla 15. Indicadores de rentabilidad de las diferentes tecnologías – Zona Sur del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	58
Tabla 16. Análisis comparativo de costos entre tecnologías con riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	59
Tabla 17. Análisis comparativo de ingresos con riego - Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	60
Tabla 18. Indicadores de rentabilidad con riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	60
Tabla 19. Análisis comparativo de costos entre tecnologías sin riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	61
Tabla 20. Análisis comparativo de ingresos sin riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	62
Tabla 21. Indicadores de rentabilidad sin riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012	62
Tabla 22. Función productividad - profundidad toda la zona	63
Tabla 23. Función productividad - compactación Zona Sur	64
Tabla 24. Pérdida de suelo (t/ha) estimada mediante el modelo USLE en cultivos establecidos en secano bajo dos tipos de labranza, en diferentes grados de pendiente	65
Tabla 25. Análisis incremental adopción labranza de conservación	68
Tabla 26. Rentabilidad de la adopción de largo plazo de la labranza de conservación, valor anual equivalente por hectárea a 30 años	70
Tabla 27. Tecnologías evaluadas para el manejo de suelos	83
Tabla 28. Descripción de las tecnologías de producción de algodón semilla OGM y semilla convencional	100



PRÓLOGO



Este libro es fruto de un proyecto de investigación adelantado por CORPOICA, motivado por el imperativo de medir el impacto socioeconómico y ambiental *ex post* de las tecnologías de labranza para el manejo y conservación de suelos en el sistema de producción del algodón, de una rica región tradicionalmente agrícola como lo es el Valle Cálido del Alto Magdalena. La dirección técnica del proyecto de investigación estuvo a cargo de Antonio Martínez Reina, economista PhD con amplia experiencia en análisis agroeconómico y en la economía del algodón en Colombia.

La evaluación de impacto es una manera de rendir cuentas sobre recursos públicos destinados a la generación y transferencia de tales tecnologías. El desconocimiento sobre el impacto de la tecnología es más frecuente de lo que se supone, precisamente por la escasez de estudios que aborden con rigurosidad los costos y beneficios asociados a la adopción de la misma, de los cuales se puedan extraer conclusiones válidas y sustentadas para toma de decisiones. En el pasado, dentro de las prioridades de las agendas públicas de investigación no se destinaban fondos de manera sistemática para adelantar tales análisis, aun cuando siempre se ha reconocido la necesidad de sopesar los resultados de dichas agendas con análisis de los efectos socioeconómicos y ambientales de la implementación de nuevas tecnologías. Esta situación evidenció debilidades institucionales, traducidas en escasa masa crítica formada en el tema, así como en el poco interés por fortalecerla.

En el presente estudio se propone, de un lado, brindar elementos de juicio para mejorar la efectividad de las políticas de investigación y transferencia de tecnología. De otro

lado, intenta también llamar la atención sobre la necesidad de ampliar la base de estudios de impacto a más sistemas productivos, tecnologías y regiones. Ello debería servir de motivación para propiciar espacios de interlocución y debate entre productores agrícolas, investigadores, formuladores de política, evaluadores y analistas de impacto.

Es digno de destacar la manera como se articulan las dimensiones social, económica y ambiental de las tecnologías evaluadas, en donde cobra vigencia el trabajo ínter y transdisciplinario. Esta forma de colaboración en equipo brinda ventajas, pues promueve el intercambio de ideas y visiones sobre un mismo objeto de estudio. Prueba de ello fue el manejo práctico de metodologías de evaluación que contribuyeron a la robustez e interpretación de los resultados que, se espera, sean de valiosa ayuda para los tomadores de decisiones.

FERNANDO CARDOZO P.

Coordinador Nacional de Inteligencia Tecnológica y Comercial de la Investigación y Economista MSc de la Oficina de Planeación de Corpoica.

Mayo de 2012

AGRADECIMIENTOS



La realización y culminación de este trabajo solo fue posible con la ayuda y el apoyo de personas e instituciones que aportaron todo lo necesario para que se alcanzaran los objetivos propuestos. Para ellos, expreso mi más sentido reconocimiento y sentimiento de gratitud.

En primer lugar, agradezco al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR por la financiación de este proyecto dentro del Convenio 069; igualmente, a instituciones como la Escuela Colombiana de Ingeniería, en cabeza de su decana Luz Ángela Triviño Rodríguez; y a la investigadora y docente doctora Irma Baquero Haerberlin, por su contribución en los capítulos de evaluación del impacto económico y ambiental.

A las directivas de CORPOICA, especialmente al doctor Jorge Medrano Leal, quien depositó toda su confianza en nuestra capacidad para desarrollar el proyecto.

También es de resaltar al doctor Fernando Henao Velasco, director de la Oficina de Planeación, por su confianza, interés e interlocución por el área de impacto ante otras instancias.

Destacado reconocimiento merecen los agricultores algodoneros de la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, en especial el Ingeniero Agrónomo Jairo Palma y Juan Carlos Aguirre de CONALGODÓN, quienes aportaron información confiable en los patrones de costos; ingrediente importante para los análisis de impacto económico.

Este trabajo no se hubiera podido planificar sin el apoyo de estadísticas de producción y análisis de entorno, en el que se destaca la valiosa contribución de CONALGODÓN, a través de su directora ejecutiva, la doctora Luz Amparo Fonseca Prada, y la buena disposición de la directora de estadísticas, Lorena Ruiz Moreno. Para, ellas mi más sentido reconocimiento.

Así mismo, a las directivas de CORPOICA Nataima, en cabeza de su director Juan José Rivera, y demás investigadores que hicieron contribuciones en las diferentes etapas del proyecto.




RESUMEN



CORPOICA, en el marco del Plan Algodonero, adelantó acciones de transferencia en torno al uso de métodos de labranza convencional, reducida, mínima, vertical y cero, como prácticas conservacionistas y de manejo del suelo en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena. No obstante la generación y disponibilidad de estas recomendaciones tecnológicas, no se contaba con información que indicara el estado de adopción de las mismas, ni de las razones para la permanencia o deserción de la tecnología. Tampoco se habían evaluado los impactos de estas tecnologías, tanto en la unidad productiva como a nivel regional. Con tal fin, se adelantó un estudio para evaluar y valorar la adopción e impacto económico, social y ambiental de las tecnologías generadas en el sistema de producción de algodón.


Con información de 138 encuestas de campo, se adelantó una caracterización de los productores y se asociaron variables sociales con posibles efectos de las tecnologías según las condiciones de los productores. Igualmente, se establecieron las curvas de adopción de las diferentes tecnologías. Con modelos de elección discreta fue posible medir la probabilidad de adopción; se utilizaron técnicas de presupuesto parcial y análisis marginal. Para la valoración del impacto económico de las tecnologías, se realizaron análisis de rentabilidad *ex post* de la adopción y se utilizó una metodología agregativa, iniciando por el análisis incremental de los costos de producción/ha/semestre. De igual manera, se realizó un análisis de largo plazo de los efectos de la erosión y su control. Gracias a la labranza reducida, se estimaron funciones de erosión-productividad y compactación-productividad basadas en información de 38 fincas de la región. Estos análisis se complementaron con otros de riesgo, simulando



variabilidad en productividad y en precios de algodón. Para la evaluación del impacto ambiental, se siguió el esquema AMBITEC-AGRO, elaborado por EMBRAPA de Brasil.

El estudio arrojó tasas de adopción de 80,5% en la labranza convencional, seguida por la labranza mínima, con 13%; la labranza cero, con 3,6%; y finalmente la labranza vertical, con 2,9% de adopción. Las bajas tasas de adopción se explican por factores culturales como lo es la resistencia al cambio, pues el criterio de los agricultores encuestados es que utilizan varios pases de maquinaria para evitar la proliferación de malezas en el cultivo. La transmisión de conocimientos se realiza de padres a hijos y dentro del núcleo familiar, en tanto que la demostración de método resulta ser, a juicio de los agricultores, la mejor técnica para entregar información tecnológica. Las variables que mejor explican la probabilidad de adopción fueron la baja presencia de malezas y la disponibilidad de maquinaria, hecho que fue corroborado en entrevistas con los agricultores. De igual manera, se evidenció que los agricultores usan más las prácticas de manejo sostenible, como la labranza mínima, cuando son propietarios que cuando trabajan en tierras arrendadas.

Las tecnologías más rentables por hectárea fueron la labranza profunda o vertical en la Zona Sur, con un beneficio neto de \$1.596.099 por hectárea; esto como resultado de dos efectos: la reducción de costos de labranza y el incremento sustancial en la productividad del algodón al eliminar el problema de compactación. Igualmente importante fue el incremento de la rentabilidad por estas mismas causas en la región



Centro, que alcanzó \$703.839 por hectárea. En la Zona Norte se estimó un incremento mucho menor, pues no se incluyó un efecto en producción; la rentabilidad de corto plazo en la zona irrigada fue de solo \$42.000 por hectárea semestre, mientras que la adopción en la zona de secano traería al productor pérdidas por valor de \$85.956. El estudio realizado muestra que la inversión que se realizó en la investigación y transferencia de tecnología del Plan del Algodón por parte de CORPOICA fue rentable, con VPN positivos a la tasa del 11,57% y TIR de 14% o 15%, según los supuestos de pendiente del área. La condición social del productor influye de manera muy importante en el resultado final de impacto ambiental, ya que las consecuencias positivas de la tecnología se prolongan a largo plazo cuando el propietario tiene la capacidad de captar los beneficios de la conservación de suelos. El uso de organismos genéticamente modificados (OGM) en las siembras de algodón, tiene un efecto ambiental negativo muy grande; de -751,5 con uso continuo y -577,5 con cesación del uso. La utilización de insumos muestra un índice de impacto ambiental negativo igualmente elevado. A pesar de la alta disminución en el uso de insecticidas, se incrementa el de herbicidas y fungicidas con un resultado final negativo. Este aspecto se puede revertir si se suspende el uso de material OGM; así, el índice de -291 con transgénico baja a -107. Por último, con respecto a la toma de decisiones tecnológicas, quedó demostrado que el asistente técnico juega un rol importante, por lo que se recomienda involucrarlo activamente y utilizar, en lo posible, nuevas estrategias de capacitación con el fin de aumentar las tasas de adopción y mejorar los beneficios de las tecnologías.




INTRODUCCIÓN



Las instituciones de investigación agrícola han generado tecnologías cuyo objetivo es presentar alternativas de solución a los limitantes de la producción agropecuaria, mediante la generación de productos y procesos tecnológicos. Sin embargo, en la mayoría de los casos los planificadores y generadores de nuevas tecnologías desconocen la información sobre la adopción y el impacto de estas, lo que se traduce en una limitante para el desarrollo de políticas y tecnologías más exitosas.

Un elemento importante para las instituciones generadoras de tecnología, así como para los planificadores de política y financiadores de la investigación y desarrollo tecnológico, es saber el resultado que tuvo la tecnología generada. Una forma objetiva de obtener este dato es a través de la medición, no solo de los porcentajes de adopción sino también de las razones que llevaron a la utilización o deserción de la tecnología por parte de los productores.

En el año de 1998, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, diseñó el Plan de Algodón promovido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, y financiado con recursos del Fondo de Fomento Algodonero FFA. Dicho plan, a través del Comité Agropecuario de Desarrollo Tecnológico (CADET), del Sistema Experto de Algodón (SEA) y otros mecanismos de transferencia de tecnología, dio a conocer tecnologías de manejo del suelo, integradas por prácticas conservacionistas; mejoramiento del ambiente edáfico; incremento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo; incremento de la micro y macro fauna; incremento de la materia orgánica; aumento de la capacidad de retención de agua de los suelos; dismi-



nución en el uso de maquinaria; disminución de la erosión; y reducción de costos. Para este propósito, CORPOICA adelantó acciones en torno al uso de métodos de labranza convencional, reducida, mínima, vertical y cero (CORPOICA, 1998).

No obstante la generación y disponibilidad de estas recomendaciones tecnológicas, no se tiene información que indique el estado de adopción de las mismas, ni de las razones que soporten la permanencia o deserción de la tecnología. Tampoco se han evaluado los impactos de dichas tecnologías en la unidad productiva o a nivel regional.

Este estudio ofrece información cualitativa y cuantitativa sobre el estado actual de la adopción e impacto de la tecnología en el sistema productivo algodón y sus cultivos de rotación en el Valle Cálido del Alto Magdalena en sus dimensiones socioeconómica y ambiental, y tiene como fin realimentar los procesos de investigación, desarrollo tecnológico, transferencia de tecnología y planificación de la investigación.

El documento está dividido en dos grandes capítulos; en el primero se hace una revisión conceptual y metodológica sobre adopción e impacto, y en el segundo se presenta como estudio de caso la evaluación y el impacto del uso de tecnología de suelos en el cultivo del algodón de la región del Valle Cálido del Alto Magdalena. Para tales efectos, el capítulo uno se divide en tres apartados; y el dos, en siete. Estos se describen a continuación.

El primer apartado del capítulo uno trata lo relacionado con la importancia de los estudios de adopción e impacto para las instituciones generadoras de tecnología, y los tomadores de decisiones en materia de ciencia y tecnología agropecuaria. Asimismo, señala las brechas existentes entre los recursos destinados a la inversión de nuevas tecnologías frente a los destinados para la evaluación de impacto de las mismas.

El segundo apartado trata los aspectos conceptuales de la adopción de tecnología, inspirado en aportes de pioneros como Jean Baptiste Perrin, y de desarrollos posteriores como el de las elecciones de los agricultores de Mcfaden. Adicionalmente, referencia estudios de caso de la agricultura donde se incorporan nuevas herramientas de análisis.

El tercer y último apartado del primer capítulo está dirigido a discutir las principales técnicas y métodos de evaluación de tecnologías. Un aspecto importante a resaltar en este estudio es la combinación de la medición de impactos técnicos, económicos y ambientales.

Con relación a los apartados del capítulo dos, en el primero se hace una descripción de la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, en la que se hace referencia a las características de sus tres zonas principales: Norte, Centro y Sur. Adicionalmente, el apartado contiene un análisis sobre la importancia del algodón tanto para el ámbito nacional como regional.

El segundo apartado tiene que ver con la descripción de las tecnologías de manejo de suelos identificadas, usadas y recomendadas para el sistema de producción de algodón y sus cultivos de rotación en el Valle Cálido del Alto Magdalena, las cuales se dividen principalmente en la labranza convencional, mínima, cero y vertical.

El tercero tiene por objeto realizar el análisis sobre las decisiones de los agricultores en la probabilidad de adoptar las tecnologías. A través de un modelo de elección discreta y con información de campo, se evalúan los efectos de las variables consideradas.

El cuarto apartado se dedica a explicar el estado actual de la adopción, mediante análisis de frecuencias y tasas de adopción.

El quinto refiere al estudio de los impactos económicos de la adopción, para lo cual se hace uso de técnicas como presupuesto parcial, análisis marginal y análisis de riesgos.

El sexto apartado tiene que ver con la presentación de los resultados de la aplicación del modelo Ambitec, diseñado para medir los efectos ambientales.

El séptimo está dedicado al análisis de los impactos sociales a través de aplicación de técnicas estadísticas, como análisis de frecuencias, con el fin de conocer la percepción de los agricultores frente al uso de las tecnologías.

Por último, se presentan unas ideas a manera de conclusión y recomendaciones para futuros estudios de impacto y desarrollo de nuevas tecnologías.

En términos generales, el trabajo permite concluir que el uso de tecnologías de manejo de suelos diferentes a las convencionales resulta rentable financieramente. Por otra parte, con respecto a lo ambiental, se destacan las ventajas en la capacidad productiva del suelo, la recuperación de ambientes degradados, la disminución en el uso de energía y la atmósfera; en cuanto a lo social, la adopción trae beneficios a la familia en términos del tiempo libre dedicado a esta, aunque puede generarse la exclusión de género.

I. ELEMENTOS TEÓRICOS, CONCEPTUALES Y METODOLÓGICOS DE LOS ESTUDIOS DE ADOPCIÓN E IMPACTO

1. Importancia de los estudios de adopción

Existe una amplia brecha entre los recursos destinados a la inversión de nuevas tecnologías y los destinados a la evaluación de impacto de las mismas. Este desfase suele estar relacionado con la escasa “cultura de evaluación” por parte de las instituciones, además del tiempo y el costo que varía según el alcance y la complejidad del objeto a evaluar. No obstante, son claras las bondades e importancia otorgadas a la evaluación de impacto, pues permite tomar decisiones acertadas, y ajustar el diseño y la estrategia para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Su importancia se ha visto acrecentada debido a que, cada vez más, los tomadores de decisiones en ciencia y tecnología agropecuaria necesitan orientar la formulación de sus políticas de desarrollo tecnológico e innovación, y los procesos de formulación y planeación de las agendas de investigación.

Un elemento importante tanto para las instituciones generadoras de tecnología, como para los planificadores de política y financiadores de la investigación y desarrollo tecnológico, es saber el resultado que tuvo la tecnología generada. Una forma objetiva de obtenerlo es a través de la medición, no solo de los porcentajes de adopción sino también de las razones que llevaron a la adopción o deserción de dicha tecnología.

La evaluación es útil porque es una manera transparente de verificar el uso de recursos (abrirse al escrutinio público), y generar nuevo conocimiento y aprendizaje que contribuye a alimentar el ciclo de vida del proyecto.

Los estudios de evaluación también permiten identificar los efectos no esperados de la difusión y uso de tecnología, o los puntos críticos que ha limitado o restringido su adopción.

La evaluación puede tomar gran importancia en las instituciones de generación del conocimiento, sobre todo cuando se enfoca en atender las necesidades y requerimientos derivados de la financiación de la investigación y de las partes interesadas tanto internas como externas. Como lo describe Falk (2011), desde el punto de vista interno la evaluación de impacto es importante para priorizar estrategias y opciones de inversión, mejorar la eficiencia y efectividad de la I&D, derivar lecciones aprendidas y establecer correctivos en futuras entregas de productos tecnológicos; desde el punto de vista de las necesidades externas, la evaluación de impacto es importante porque permite justificar inversiones pasadas, demostrar la efectividad institucional, sustentar los requerimientos de nuevos fondos y establecer oportunidades de inversión.

Los estudios de adopción se consideran una herramienta de medición ya sea técnica, económica o social, para evidenciar el número de productores de una región o comunidad que conocen, usan o han abandonado las tecnologías, o bien para dar razón de su permanencia o abandono con las mismas.

La información generada en los estudios de adopción e impacto es de interés para los diferentes actores y usuarios de la tecnología, por lo cual existen varias razones para realizar este tipo de estudios:

La primera tiene que ver con la realimentación y suministro de información, que permite planificar la generación de futuras tecnologías; en la medida en que se dan a conocer las ventajas y desventajas de las mismas, se considera de gran utilidad para los centros e instituciones de investigación y desarrollo tecnológico agropecuario.

La otra razón para realizar este tipo de estudios consiste en que ofrecen información sobre la eficiencia y la eficacia del proceso de generación y transferencia de

tecnología, así como también permiten la evaluación de los diferentes vehículos de transferencia y las razones de la adopción.

Por otra parte, otros beneficiarios de estos estudios son los tomadores de decisiones de política pública y planificadores de la política sectorial, quienes los utilizarán en la formulación e implementación de normas e instrumentos de apoyo a la ciencia y la tecnología, tanto como en la financiación de programas y proyectos de desarrollo tecnológico.

Estos estudios proporcionan datos que permiten estimar los beneficios resultantes de lo invertido en la investigación o la extensión. Un análisis de este tipo puede utilizarse para justificar nuevas inversiones en esos sectores, o bien para ayudar a identificar las oportunidades más productivas de inversión en la investigación o la extensión (CIMMYT, 1993).

2. Elementos conceptuales de la adopción

El concepto de adopción de tecnología se refiere al acto en virtud del cual un agricultor decide poner en práctica o incorporar a sus métodos de producción agrícola o pecuaria una determinada recomendación técnica, con el fin de elevar la productividad física de su predio, o la rentabilidad económica de su sistema de producción (Monardes *et al.*, 1990, c.p. Céspedes, 2005).

Por lo anterior, los estudios de adopción permiten identificar los factores que influyen en la decisión del productor de aplicar o no determinada tecnología. Dichos factores pueden ser la aversión al riesgo, la liquidez, el nivel de escolaridad y la extensión del terreno, entre muchos otros (Saín, 1993).

Proceso de innovación adopción difusión

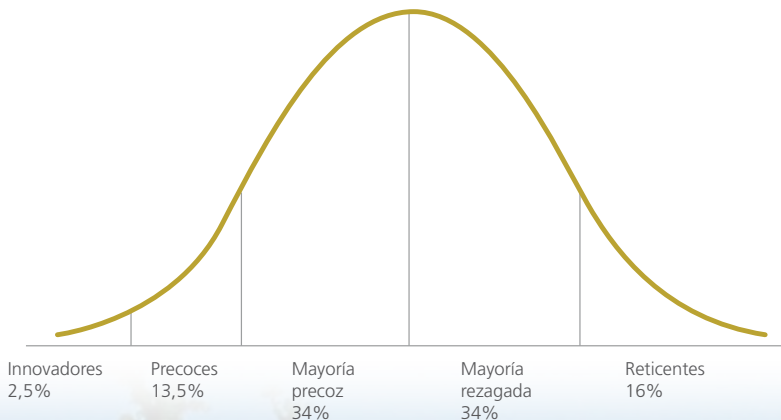
Para la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2012), “la adopción y difusión del proceso de innovación, se ha definido como la aceptación en el tiempo de un elemento específico por los individuos (o unidades de adopción) ligados a canales específicos de comunicación. La «innovación» incluye «cualquier pensamiento, comportamiento o cosa que sea nueva porque es cualitativamente diferente a las formas existentes» (Jones, 1967).

Esta amplia definición recoge cualquier idea o proceso que, se percibe, pueda tener una utilidad. En un contexto agrícola podría tratarse de una nueva variedad de cultivo o de una práctica de manejo adoptada por un individuo, familia o corporación. Muchos estudios se han centrado en el individuo que adopta, con el fin de determinar qué variables contribuyen a la adopción o rechazo de tal innovación. Mientras que la maximización del beneficio/satisfacción es generalmente un factor determinante, otras variables como los niveles de formación o grado de escolaridad de los que adoptan, pueden jugar un papel decisivo.

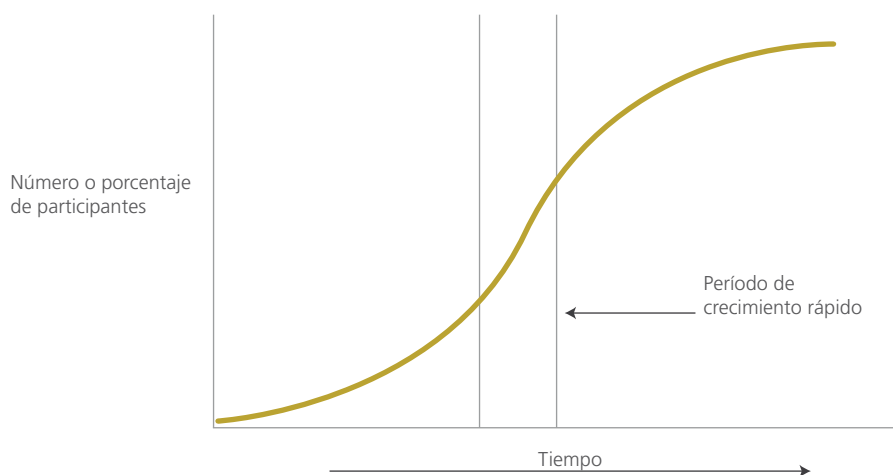
Finalmente, la «difusión» es el proceso por el que una innovación se extiende en el tiempo dentro de un sistema social determinado. La Gráfica 1 muestra la distribución en campana de la capacidad para innovar individual, y el porcentaje de individuos potenciales que se piensa pueden estar normalmente en cada categoría. En un extremo de la distribución están los innovadores, quienes arriesgan y adoptan una innovación en una fase temprana del proceso de difusión. En el extremo opuesto se encuentran los reticentes, quienes se resisten a adoptar la innovación en el proceso de difusión hasta bastante tarde, si es que llegan a hacerlo (FAO, 2012).

Por su parte, la Gráfica 2 muestra la adopción en el tiempo. Generalmente, las innovaciones se difunden en el tiempo siguiendo un patrón similar a una curva sigmoidea; es decir que la tasa de adopción de una innovación avanza, en un primer periodo, de forma lenta de crecimiento gradual, antes de experimentar un periodo de rápido y relativamente dramático crecimiento.

Gráfica 1. Curva de campana que muestra las categorías de innovación individual y los porcentajes dentro de cada categoría. Basada en Rogers, *op cit*.



Gráfica 2. Curva sigmoideal que representa la tasa de adopción de la innovación en el tiempo



Fuente: fao, 2012. Los aspectos económicos de la agricultura de conservación. Cap.1

De acuerdo con Siles (2004), para entender el proceso de adopción existen diversos enfoques de análisis. Entre los más destacados se puede citar *El paradigma de la sociología de la difusión*, de Everett M. Rogers, donde el autor postula que toda innovación tecnológica (ya sean objetos, ideas o prácticas) implica un cambio social que puede explicarse como un proceso de articulación de cuatro elementos principales: la innovación, los canales de comunicación, el tiempo y el sistema social donde se produce la difusión.

Los estudios difusionistas brindan un conjunto de indicadores y clasificaciones concretas de la población, que caracterizan el proceso de adopción de una innovación tecnológica. En este sentido, una de las múltiples tipologías que formula el modelo de la difusión de las innovaciones de Rogers es la célebre clasificación de las “categorías de adoptantes”, dividida en: innovadores, primeros adoptantes, mayoría precoz, mayorías rezagadas y tradicionales. Rogers popularizó también el término de “masa crítica” para referirse a cierto número mínimo de adoptantes, necesario para considerar una difusión como estable.

En otro modelo de interpretación está la denominada “apropiación tecnológica”, cuya perspectiva se centra en los modos de personalizar y “hacer propia” una determinada tecnología por medio de su uso. En este sentido, la apropiación estudia las formas a través de las cuales el usuario hace suya la tecnología y la incorpora creativamente al conjunto de sus actividades cotidianas (Breton y Proulx, 2002, c.p. Siles, 2004).

Siguiendo con los estudios de apropiación (Michel de Certeau, c.p. Siles, 2004) se centra en el reconocimiento de las “acciones” que tienen una formalidad y una inventiva propias (a las que llamó uso), y que organizan discretamente el trabajo del consumo de un objeto o una práctica dada. Desde este punto de vista, la apropiación de una tecnología por parte del usuario estaría definida en términos de los nuevos proyectos de uso que emergen en el seno de la vida cotidiana, los cuales evidenciarían la creatividad de sus usuarios. A cada oferta dominante del uso de un producto (el uso hegemónicamente normalizado), Certeau opone las diversas apropiaciones que hacen los usuarios como respuesta y resistencia a la rutina institucional establecida.

La tasa de adopción es un indicador que permite conocer la cantidad de personas que probablemente seguirán usando las tecnologías promovidas, cuando el periodo de asistencia técnica haya terminado. Esta se define como la velocidad relativa con la que los miembros de un sistema social adoptan una innovación. Las tasas de adopción de innovaciones están determinadas por la categoría adoptante de un individuo. En general, las personas que primero adoptan una innovación requieren un periodo de aprobación más corto (el proceso de adopción) que los adoptantes tardíos (Rogers, 2003).

La adopción mide la utilización de una tecnología en un determinado momento, mientras que la difusión es la transferencia de la tecnología nueva en una población, enmarcado dentro del transcurso del tiempo (Thirtle y Ruttan, en CIMMYT, 1993).

La desadopción, siguiendo a Thirtle y Ruttan, se define como el hecho de que los productores abandonan el uso de la tecnología porque encuentran que otra tecnología les ofrece mayores ventajas tanto en rendimientos físicos como en facilidad de uso o bajos costos. En este caso, la nueva tecnología sustituye a la anterior.

Un productor decide incorporar nuevos elementos al sistema de producción en la medida en que le ofrezca ventajas con relación a las prácticas convencionales. En este sentido, lo que buscan los estudios de adopción es generar información que permita cuantificar estas diferencias, con el fin de poder explicar las razones de permanencia o abandono de las tecnologías por parte del productor.

3. Metodologías para evaluar la adopción e impacto

La evaluación de las tecnologías se puede hacer en diferentes etapas del proceso; no existe un dato preciso sobre cuándo es conveniente iniciar los estudios. Esto depende de muchos factores, entre ellos la tecnología a evaluar, el cultivo, el costo, o las características socioeconómicas del productor.

Los estudios de evaluación plantean diferentes niveles, que comienzan con los de aceptación de la tecnología, dirigidos a evaluar si los agricultores continúan usando la tecnología, e identificar las restricciones e inconvenientes con el uso. Igualmente, sirven para conocer cuántos de los productores que conocieron la tecnología continúan usándola, y cuántos no. De acuerdo con CIMMYT, se recomienda hacer estos estudios entre el primer y segundo año después de generada la tecnología.

Otro tipo de estudio lo constituye la adopción; este se hará si los resultados del de aceptación demuestran que los agricultores que conocieron y adaptaron la tecnología en un alto porcentaje la siguen usando. Tiene como finalidad conocer cuántos de los productores de una región que conocieron la tecnología la han incorporado a su sistema de producción, o qué porcentaje una vez probó la tecnología, la abandonó. De igual manera, permite determinar cuál vehículo de transferencia fue más eficaz, así como los determinantes de la adopción. Se recomienda realizar este estudio después de dos años de generada y entregada la tecnología.

Los estudios de impacto tienen como finalidad conocer y cuantificar los cambios derivados del uso y aplicación de la tecnología tanto en el sistema de producción como en el entorno social, económico y ambiental en que se mueve el productor. Esto se hace a través de la valoración de los cambios por parte del productor, donde él mismo los identifica mediante la consideración de una situación inicial y los cambios propiciados por el uso de la tecnología.

Estos cambios pueden ser en los rendimientos físicos, en los ingresos, en el bienestar de la familia y en el ambiente (los efectos en contaminación, compactación, etc.). Se recomienda realizar este tipo de estudios en un periodo aproximado entre tres y cinco años después de haberse entregado la tecnología.

Técnicas y métodos a usar

Un estudio de adopción parte de identificar la población objeto del estudio y la delimitación de las áreas geográficas. Para ello, se acude a las estadísticas de instituciones públicas o privadas. Con base en la población, se define el tamaño de la muestra y la espacialización de la misma, usando métodos de muestreo que permitan la distribución y espacialización de la muestra para evitar concentraciones al momento de toma de información. El muestreo estratificado con afijación proporcional, por ejemplo, consiste en distribuir el tamaño de la muestra en forma proporcional, de acuerdo con la participación de cada localidad en el total de la población. La variable de muestreo puede ser la localidad o los tamaños de predio, para lo cual se aplica el respectivo nivel de confianza y un margen de error, lo que, finalmente, lleva a obtener el número total de encuestas a realizar.

Variables a evaluar

Factores endógenos y exógenos determinantes en la adopción de la tecnología es una variable a evaluar. En este caso, se parte de analizar los elementos endógenos y exógenos que dinamizan o inhiben el proceso de adopción. Los primeros tienen que ver con las características propias de la tecnología, en términos de eficacia y bondad de la misma; los segundos se refieren a los elementos que provienen del entorno, tales como dificultades para la consecución de maquinaria e implementos indispensables en su uso.

Las técnicas a usar en este caso son las estadísticas como los intervalos de confianza; las tablas de contingencia que conducen al cálculo de los porcentajes de adopción. Por otra parte, los modelos de elección discreta, que permiten valorar las probabilidades de adopción de tecnologías a través de la estimación mediante funciones de máxima verosimilitud, dan como resultado el cálculo de la incidencia de algunas variables frente a los deseos de adoptar la tecnología.



Medición de los impactos económicos, sociales y ambientales del uso de la tecnología

Impacto Económico

El objetivo de este análisis es demostrar los efectos que ha tenido el uso de la tecnología desde el punto de vista económico, para lo cual se parte de considerar una situación sin proyecto, o sea, con los métodos convencionales del agricultor; y una con proyecto, con el fin de medir y comparar diferencias en los costos e ingresos.

Se parte de la elaboración de patrones de costos que pueden ser obtenidos a través de una encuesta aplicada a los productores en campo, o por métodos del consenso en talleres con participación de los agricultores, para luego aplicar técnicas de análisis, como el presupuesto parcial, basados en el principio de qué cambios se generan en la producción en términos de costos e ingresos. Estos cambios se pueden clasificar en: aumento en los ingresos, reducción de costos, disminución de los ingresos, e incremento en los costos. Estos cuatro efectos se evaluaron y se compararon para cada tecnología considerada.

El análisis incremental consiste, básicamente, en calcular los incrementos en los costos atribuidos por la incorporación de las tecnologías al sistema de producción, y los retornos ocasionados por el uso de la tecnología. Estos últimos son considerados como el beneficio obtenido por dicha adopción. Tales análisis deben considerar las dos situaciones, con y sin proyecto, para poder medir los efectos en los retornos económicos derivados del uso de la tecnología.

Para los análisis de rentabilidad *ex post* existen muchos métodos, entre ellos los de observación de excedentes económicos *MODEXC*, como los que desarrollaron Rivas *et al.* (1991) para el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); los análisis *Dynamic Research Evaluation for Management (DREAM)*, desarrollados por IFPRI; o la utilización de la metodología agregativa, que inicia por el análisis incremental de los costos de producción / ha/ semestre, a los patrones de costos obtenidos en un consenso con productores de la región. Finalmente, los datos se integraron en el análisis global (sumatoria de ganancias de los productores, análisis de excedentes y cálculo de indi-

cadores de retorno) para determinar los cambios en estos indicadores, producto de la incorporación de la tecnología al sistema de producción.

Análisis de riesgo

Tiene que ver con la probabilidad de ocurrencia de eventos o valores que puede tomar una variable determinada. También se refiere a situaciones en las que las medidas de rendimiento de un sistema pueden tener más de un resultado probable, y estos no son conocidos *a priori*. Como aplicación práctica, es posible realizar un análisis de los riesgos de las tecnologías, para lo que se parte de los datos de campo, tras lo cual se aplican indicadores de rentabilidad donde se incluyen los análisis variables (como productividad y precios).

Evaluación de impacto ambiental

La metodología aplicada para la presente evaluación de impacto ambiental corresponde a la propuesta por la Oficina de Planeación de CORPOICA, basada en el esquema AMBITEC-AGRO elaborado por EMBRAPA. Dicho esquema parte de la obtención de un conjunto de matrices diseñadas para que, junto con un grupo de expertos, se lleve a cabo la evaluación de impacto ambiental de la tecnología adoptada. Este grupo está conformado por evaluadores externos que conocen la tecnología y la región donde se ha aplicado; investigadores que se encuentren involucrados dentro del proceso de adaptación de la tecnología; e investigadores que no estén involucrados dentro de este proceso, pero que cuenten con amplios conocimientos de investigación (Najar, 2004; Ramírez *et al.*, 2004; Baquero y Ramírez, 2005; Stachetti, Campanhola y Choji, 2002).

Cada una de las matrices utilizadas en la evaluación de impacto ambiental hace parte de uno de los cuatro componentes del medio ambiente, sobre los cuales tiene efecto la innovación tecnológica adoptada. Estos cuatro componentes son los siguientes:

- a. *Cambio en el uso de los recursos naturales*: se evaluó el impacto en el uso de recursos naturales, resultado de la adopción de la tecnología. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Tasa de uso de agua y suelo: se evalúa el cambio en el uso de agua tanto de irrigación como de procesamiento, y el cambio en la utilización de suelo por efecto de la tecnología adoptada.
 - Atmósfera: se evalúa el efecto que la tecnología genera sobre la atmósfera vía alteración de partículas de humo o quemas, partículas de labranza, generación de olores (ocasionados por uso de diesel y herbicidas), efecto de ruido y emisión de gases de efecto invernadero mediante la generación de metano o el secuestro de CO₂.
 - Fuentes de energía: se evalúa el efecto producido por la tecnología adoptada vía uso de combustibles fósiles, tales como petróleo, gasolina, diesel y carbón mineral; el cambio en la biomasa por el uso de alcohol, leña, bagazo de caña y restos vegetales; y el cambio producido en el uso de electricidad.
- b. *Cambios en calidad y cantidad de recursos naturales:* se evalúa el impacto en la calidad y cantidad de recursos naturales resultado de la adopción de la tecnología. Este componente involucra los siguientes aspectos:
- Capacidad productiva del suelo: se evalúa el efecto de la tecnología en relación con la variación de la erosión, pérdida de materia orgánica, pérdida de nutrientes, contaminación, compactación y salinización del suelo.
 - Agua: se evalúa el efecto de la tecnología adoptada sobre la demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, espuma, combustibles o materiales flotantes, sedimento o contaminación por plaguicidas.
 - Biodiversidad: se evalúa el efecto sobre la pérdida de vegetación nativa; pérdida de corredores biológicos; pérdida de especies/variedades, competencia/agresividad y/o alelopatía; y la resistencia a herbicidas.
- c. *Cambio en el uso de insumos:* se evalúa el cambio en el uso de la frecuencia de aplicación; cantidad aplicada; toxicidad y residualidad resultante, a través de las modificaciones en el uso de fungicidas, insecticidas y herbicidas, así como el cambio en el uso de fertilizantes con respecto a la cantidad de NPK hidrosoluble, enmiendas, micronutrientes, toxicidad y residualidad.
- d. *Recuperación ambiental:* se evalúa la capacidad de efectividad de la tecnología adoptada en el proceso de recuperación de los suelos degradados, ecosistemas degradados, áreas de conservación permanente y zonas de reserva legal.

Con el fin de cuantificar los efectos de los aspectos evaluados dentro de cada componente descrito anteriormente, se tuvieron en cuenta cinco indicadores, cada uno de los cuales involucra una escala de calificación, como se describe a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores de evaluación de impacto ambiental y su escala de medición

Indicador	Escala	
Dirección del Impacto	Aumenta	1
	Igual	0
	Disminuye	-1
Magnitud	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Extensión (Área de influencia)	Lote	1
	Finca	2
	Región	3
Persistencia (Permanencia del impacto)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	3
Reversibilidad	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Largo plazo	3
	Irreversible	4
	Irrecuperable	5

Fuente: Stachetti, Campanhola y Choji, 2002

Puesto que cada aspecto descrito en cada componente se despliega en una matriz, para obtener un indicador del efecto total de la tecnología sobre el medio ambiente, se procede a efectuar una multiplicación de los resultados de la calificación obtenida individualmente por los aspectos a nivel columna dentro de cada matriz. De acuerdo con la definición del aspecto a evaluar, el efecto resultante será positivo, negativo o cero. Por último, la sumatoria de las multiplicaciones obtenidas a nivel de columna o de calificación final de cada fila (que indica una característica del aspecto evaluado) da como resultado el impacto definitivo o indicador de sostenibilidad.

II. ESTUDIO DE CASO DE MEDICIÓN DE LA ADOPCIÓN E IMPACTO: EL CASO DEL CULTIVO DEL ALGODONERO EN LA REGIÓN DEL VALLE CÁLIDO DEL ALTO MAGDALENA




1. Generalidades del estudio de adopción e impacto

Importancia del cultivo del algodón

El algodón es la fibra natural más usada en la industria mundial de textiles; la producción mundial se estima en 24 millones de toneladas de fibra por año en 130 países, y ocupa el 2,5% de la superficie agrícola del planeta, que equivale a una superficie de cultivo de 34 millones de hectáreas. Colombia participa con el 0,14% de la producción mundial, con cerca de 35.000 toneladas de fibra/año. No obstante, ocupa el puesto 14 por productividad, con un rendimiento promedio de 775 kilogramos de fibra/ha, el cual es un 4,1% superior al promedio mundial (Comité Consultivo Internacional del Algodón-ICAC, 2009).

El área de estudio para el periodo 2010-2011, tuvo una superficie cultivada de algodón de 14.086 hectáreas, con un aumento del 3% con relación al periodo anterior. Adicionalmente, tuvo una participación del 32,6% con relación al total nacional.



Por su parte, la producción, para el mismo periodo, fue de 14.899 toneladas, cantidad correspondiente al 42% de la producción nacional.

La región objeto de estudio

En su parte plana, el Valle Cálido del Alto Magdalena comprende los departamentos de Tolima, Huila y el suroccidente de Cundinamarca. Tiene un área aproximada de 956.000 hectáreas, de las cuales el 51% es apto para cultivos comerciales de clima cálido, mientras que el resto presenta vocación ganadera extensiva, con limitaciones en su uso por causa de la erosión (Castro, 1999). Los suelos de la zona plana presentan limitaciones en profundidad, relacionadas con su origen; es así como la planicie aluvial de Saldaña, el piedemonte Campoalegre-Rivera, el valle Guayabal-Honda, la planicie aluvial del río Magdalena, los abanicos de El Espinal, Guamo e Ibagué, presentan restricciones a la elongación de las raíces de los diferentes cultivos. Además, en los abanicos existen limitaciones por pendiente, pedregosidad y contactos líticos a moderada profundidad.

Para el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta algunos municipios de las siguientes subregiones del departamento:

Subregión Nororiente: los municipios de Ambalema, Armero Guayabal, Lérica y Mariquita. Estos municipios se encuentran localizados entre los 04° 47'10'' a 05°12'04'' latitud norte y 74°44'21'' a 76°46'00'' de longitud oeste. Corresponden a las zonas arqueológicas de Cj, Cn, y se encuentran ubicados en el piso térmico cálido. Su superficie es principalmente plana y levemente ondulada, situados dentro del valle del río Magdalena. Esta subregión está regada por los ríos Magdalena, Lagunilla, Recio, Venadillo, Sabandija, Viego, Guamo, Gualí, Guarinó, Nuevo, Medina y Sucio.

Las actividades económicas predominantes son la agricultura, la ganadería y el comercio. En esta zona los principales cultivos son arroz (Armero Guayabal, Ambalema y Lérica), maíz (Armero- Guayabal, Ambalema, Mariquita y Lérica), sorgo (Armero Guayabal y Lérica), mango (Ambalema, Mariquita, Armero Guayabal), caña panera (Mariquita), plátano (Mariquita) y algodón (Armero Guayabal, Ambalema, Mariquita y Lérica). La ganadería bovina se estima en unas 78.000 cabezas, y el área en pastos en 113.134 hectáreas. La población de porcinos, aves, equinos, ovinos y caprinos también es representativa.

Subregión Centro: dentro de esta zona se trabajaron los municipios de Alvarado, Ibagué, Piedras y Venadillo, localizados entre los 04°26'50'' de los 04°43'17'' de latitud norte, y 74°52'54'' a 75°25'47'' latitud oeste. Su altura sobre el nivel del mar va desde los 400 metros (Alvarado y Venadillo), y su promedio de precipitación anual es de 1.100 mm. Las zonas agroecológicas a las que pertenecen estos municipios son Cj, Cn, Kb, y el clima predominante es el cálido. Esta subregión está bañada por los ríos Frío, China, Romualdo, Totare, Coello, Magdalena, Chipalo, Cucuana, Recio, Vendillo y Totumo, entre otros.

Las principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería y la minería, y sus cultivos más relevantes el café tradicional (Alvarado, Ibagué), el café tecnificado (Alvarado, Ibagué, Venadillo), el arroz (Alvarado, Ibagué, Venadillo, Piedras), el plátano (Alvarado), el sorgo, el maíz tradicional (Alvarado, Ibagué, Piedras, Venadillo) y el algodón (Alvarado, Ibagué, Venadillo, Piedras).

Subregión Centro - Oriente: comprende los municipios de Coello, El Espinal, Flandes, San Luis, Valle de San Juan y Guamo, localizados entre los 03°56'05'' a 04°17'25'' latitud norte, y 74°49'07'' a 75°13'27'' latitud oeste. La altura media sobre el nivel del mar es de 363 m, y su temperatura media de 26,4 °C.

En general existe un buen desarrollo de la estructura de los suelos, pero en deterioro por el uso de la maquinaria agrícola. En la zona mecanizable se presentan texturas francas, en su mayoría entre arenosas, y algunas apariciones de tamaños finos.

Tecnologías a evaluar

Con base en la información obtenida por el Plan de Algodón, ejecutado en el Centro de Investigación (CI) Nataima de CORPOICA, se encontró que las tecnologías de manejo de suelos para el cultivo del algodón y sus sistemas de rotación son como se describen a continuación.

1. Labranza convencional

Este tipo de labranza es apto para suelos que no presenten limitaciones físicas en profundidad. Al momento de ejecutar este sistema de labranza, es importante tener en cuenta el contenido de humedad con el fin de evitar el exceso de laboreo y la compactación del suelo. Esta técnica está compuesta por la combinación

de labores primarias, hechas con pases de arado de disco o rastra, y de labores secundarias con pases de rastra y rastrillo. Aunque es el sistema que más se practica en los suelos de agricultura intensiva en Colombia, no existen buenos fundamentos técnicos, lo que genera problemas de compactación, baja velocidad de infiltración y erosión.

Foto No. 1. Aspectos de la preparación del suelo con labranza convencional



Fuente: Coordinación de investigación ci Nataima, 2012.

Preparación del suelo en forma mecánica generando alto disturbio y pulverización del mismo.

El impedimento mecánico a la penetración de raíces, producido por la compactación y la presencia de capas endurecidas, es la principal causa de la disminución de los rendimientos debido a los efectos negativos que produce en el crecimiento de las raíces. Además, se presentan problemas de escorrentía y erosión debido al uso inadecuado de maquinaria en las labores de la labranza convencional.

2. Labranza mínima

La labranza mínima, también llamada labranza reducida, es la manipulación que se hace al suelo para la siembra de un cultivo. Esta exige que el suelo presente buenas condiciones físicas, químicas y biológicas para el crecimiento de las raíces. Es importante tener en cuenta el contenido de humedad al momento de realizar las labores de labranza, con el fin de garantizar un menor número de pases de maquinaria, al igual que la selección del implemento adecuado, para no destruir las condiciones físicas aceptables que presenta el suelo.

Foto No. 2. Aspectos de la preparación del suelo con labranza mínima



Fuente: Coordinación de investigación ci Nataima, 2012

Preparación del suelo en el Vacam por tecnologías de labranza mínima con bajo impacto ambiental.

3. Labranza vertical

Es aquella que se realiza con cinceles para eliminar capas compactas o endurecidas, con el fin de provocar mayor infiltración del agua en el suelo y mejor crecimiento radical.

Los problemas de compactación son más graves en áreas bajo cultivo intensivo por varios años consecutivos, donde la acción continua de los implementos agrícolas, específicamente las rastras de discos, provoca la desagregación del suelo y acelera la oxidación de la materia orgánica. El proceso de desestabilización de los agregados origina la discontinuidad de la porosidad y el aumento de la densidad del suelo, dificultando la permeabilidad del aire, la infiltración del agua y el desarrollo de las raíces. También es común la formación de costras y el sellamiento de poros en la superficie. En la sub-superficie se establece una capa compacta conocida como pie de rastra o pie de arado.

Foto No. 3. Aspectos de la preparación del suelo con labranza vertical



Fuente: Coordinación de investigación ci Nataima, 2012

Preparación del suelo en el Vacam por tecnologías de labranza vertical con arado de cincel. Se recomienda su uso cuando el suelo presenta compactación.

Confirmada la presencia de compactación, será necesario llevar a cabo la descompactación mecánica, con el uso de arados de cincel. El éxito de esta labor depende de los siguientes factores:

- La descompactación será más eficaz si es realizada con un suelo cuya consistencia sea cercana a la friabilidad. Dicha condición puede ser detectada en el campo utilizando un terrón de 2 a 5 cm de diámetro, y ejerciendo sobre él una ligera presión con los dedos pulgar e índice. Si el terrón se desagrega sin ofrecer resistencia y sin moldearse a la forma de los dedos, la humedad estará próxima a la friabilidad.
- La distancia entre los cincelos determinará el grado de descompactación del suelo, y la demanda de esfuerzo por el tractor. En general, se recomienda mantener una distancia igual a 1,25 veces la profundidad del trabajo.
- La operación de descompactación es más efectiva cuando se realiza después de cosechar los cultivos de secano, o al final del periodo lluvioso, cuando todavía hay humedad en el suelo. Esta labor no debe ser realizada en suelo seco o saturado.
- Es necesario adicionar materia orgánica para garantizar a través del tiempo la persistencia de la descompactación del suelo.

4. Labranza cero

La labranza cero es el procedimiento mediante el cual se realiza la siembra directa en suelo no preparado; es decir, que no se disturba antes de la siembra. Este sistema exige que el suelo presente condiciones físicas óptimas que garanticen el desarrollo normal del sistema radical de las plantas.

Foto No. 4. Aspectos de la preparación del suelo con labranza cero



Fuente: Coordinación de investigación ci Nataima, 2012

Con este sistema se ha superado la erosión y se inicia un proceso de recuperación de la fertilidad del suelo.

Con base en las definiciones anteriores, se establecieron las áreas de influencia de las tecnologías de manejo de suelos, en las cuales se levantaron los patrones de costos para la evaluación económica de las diferentes tecnologías, distribuidas así:

a. Zona Norte, departamento del Tolima

Las tecnologías evaluadas con los sistemas de producción se describen a continuación:

- Algodón – Maíz
- Convencional – Convencional (situación sin proyecto) (1)
- Cero – Convencional (situación con proyecto) (2)
- Vertical – Convencional (situación con proyecto) (3)

b. Zona Centro – Sur – Suroriente

Las tecnologías evaluadas con los sistemas de producción se describen a continuación:

- Algodón – Maíz
- Convencional – Convencional (situación sin proyecto) (4)
- Vertical – Convencional (situación con proyecto) (5)

c. Zona Villa Vieja

- Algodón – Maíz
- Convencional – Convencional (situación sin proyecto) (6)
- Convencional – Vertical (situación con proyecto) (7)

2. Evaluación técnica de la adopción e impacto

En el marco del Plan Algodonero, CORPOICA dio a conocer, a través de métodos de investigación de acción participativa como el Comité Agropecuario de Desarrollo Tecnológico (CADET), el Sistema Experto de Algodón (SEA) y otras acciones de transferencia de tecnología, las tecnologías de manejo del suelo, integradas por prácticas conservacionistas; mejoramiento del ambiente edáfico; incremento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo; micro y macro fauna; materia orgánica; capacidad de retención de agua de los suelos; disminución en el uso de maquinaria; y, por ende, la erosión y reducción de costos. Para este propósito, CORPOICA adelantó

acciones en torno al uso de métodos de labranza convencional, reducida, mínima, vertical y cero.

El manejo de los suelos debe ser integral, teniendo en cuenta sus propiedades físicas, químicas y biológicas, para garantizar su conservación y capacidad de nutrición adecuada para las plantas. El sistema de labranza a practicar se define de acuerdo con la evaluación de las propiedades físicas de los suelos, los requerimientos de los cultivos, y los factores económicos y ambientales.

3. Evaluación de la adopción e impacto

Con el fin de entender las elecciones de los agricultores frente a la adopción de tecnologías de manejo de suelos en el sistema de producción del algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, se planteó un modelo logístico binario que posibilita medir esta probabilidad de adopción.

Los supuestos planteados para entender la adopción de tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón son:

Existe una relación inversa entre la adopción de tecnologías de labranza cero y la concepción sobre si estos manejos generan ventajas a las personas que laboran en el cultivo. Los productores no logran ver que las tecnologías analizadas traigan ventajas, o bien adoptan otras tecnologías debido a que no ven razones que los hagan considerar su implementación.

Adicionalmente, los productores se resisten a esta innovación, no adoptan nuevas tecnologías debido a que no están dispuestos a cambiar la maquinaria, o simplemente no pueden adquirirla. Otra posibilidad es que los productores observan menos malezas en el cultivo cuando adoptan la labranza convencional. Por estos motivos, la relación es inversa.

Existe una relación directa entre la posesión de la propiedad y la implementación de las diferentes tecnologías de manejo de suelo. Los agricultores que son dueños del terreno, tienden a cuidarlo más que los que trabajan en tierras arrendadas, ya que se les ve retribuido directamente sobre las ganancias.

Existe también relación entre el género del productor y el manejo de suelos; los hombres tienen mayor propensión a conocer o implementar las nuevas tecnologías.

Por otro lado, tenemos que hay una relación directa entre la adopción y la idea de que la labranza vertical y cero mejoran la retención de humedad del suelo, lo cual contribuye de forma positiva en el cultivo y, por ende, a una mayor propensión a adoptarlas.

Para la construcción del modelo que pretende inferir sobre la probabilidad de que los agricultores adopten las tecnologías de manejo de suelos, se planteó la siguiente ecuación:

$$Y = \text{Adop} \frac{P_i}{1 - P_i} \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_n X_n + e \quad (3.1)$$

Donde

Y = Adopción

$\frac{P_i}{1 - P_i}$ = El valor de la probabilidad que el agricultor adopte 0 y 1

$X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$ = Variables explicatorias cualitativas

β = Parámetros producto de la estimación del modelo; habrá tantos β como variables dependientes haya.

e = Término de perturbación aleatoria o componente del error por aquellas variables omitidas en el modelo.

El modelo utilizado corresponde a los de regresión cualitativa agrupados o de proporciones, en los cuales se relaciona la variable dependiente con las variables explicatorias a través de una función de distribución, y se utiliza la función logística para medir la probabilidad de que ocurra el acontecimiento que, para este caso, es el hecho de que se adopte la tecnología de manejo de suelos.

La forma inicial de plantear el modelo dicotómico será:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } I_i^* > 0 \\ 0 & \text{si } I_i^* \leq 0 \end{cases}$$

En este caso, se supone que la función de distribución es una curva logística, por cuanto se trata de medir la probabilidad de que los agricultores adopten las tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón. Por tanto, se utiliza el modelo Logit, donde se relacionan la variable endógena Y_i con las variables explicativas X_i a través de una función de distribución.

El modelo de probabilidad quedaría definido de la siguiente manera:

$$E[y_i | x] = 1 \cdot F(x_i; \beta) + 0 \cdot [1 - F(x_i; \beta)] = F(x_i; \beta) \quad (3.2)$$

En este caso,

- y_i = Probabilidad de adopción de la tecnología de manejo de suelos
- F = Función de distribución acumulada
- x = Variables explicatorias
- β = Valor de los parámetros de cada variable explicatoria

Se trata de establecer la probabilidad de adopción (Y_i) mediante las acciones de las variables explicatorias (X); en este caso, se busca que el valor de los parámetros (β) sea diferente a cero.

La ecuación de regresión producto de la estimación del modelo para explicar la probabilidad de que los productores adopten la labranza cero o mínima expresada en el valor de los parámetros, se presenta así:

$$Y = \text{Adop} \frac{P_i}{1-P_i} \beta_0 + \beta_1 \text{Razón1} + \beta_2 \text{Razón2} + \beta_3 \text{Tenencia} + \beta_n \text{Sexo} + \beta_5 \text{Retaguasuelo} + e$$

Remplazando los β con el valor de los parámetros producto de la estimación, la ecuación queda así:

$$Y = \text{Adop} \frac{P_i}{1-P_i} -1,678 * \text{Razón1} - 3,639 * \text{Razón2} + 0 - 854 * \text{Tenencia} + 1.046 * \text{Sexo} + 0,656 * \text{Retaguasuelo} + e$$



La explicación de la ecuación se presenta a continuación:

La variable Razón se divide en dos, debido a que son las dos principales razones por las que los productores no adoptan las tecnologías.

Razón 1: Los productores, en su mayoría, disponen de la maquinaria para preparar el suelo de manera convencional, por lo que el parámetro tiene signo negativo, y un valor de -1,678. Esto se puede interpretar de la siguiente forma: si el productor dispone de la maquinaria necesaria para la labranza convencional, está 81% menos dispuesto a adoptar otras tecnologías.

Razón 2: Los productores perciben una menor cantidad de malezas con la labranza convencional, por lo que el parámetro tiene un valor de -3,639, lo cual disminuye en un 97% la probabilidad de implementar.

La variable **tenencia** expresa si el suelo es arrendado (tomando el valor de 0) o es propio (valor igual a 1). Si el terreno es propio, la probabilidad de adoptar las tecnologías analizadas es mayor. Esto se puede concluir debido a que el parámetro es positivo y toma un valor de 0,854.

La variable **sexo** indica el género del productor, tomando valores únicamente 0 y 1; 0 para las mujeres, 1 para los hombres. El parámetro de la variable toma valor positivo, lo cual muestra que los hombres están más dispuestos a implementar nuevas tecnologías.

La variable **retaguasuelo** muestra la opinión que tienen los productores sobre si la labranza mínima y vertical mejoran o no la disponibilidad del agua para las plantas. Este parámetro tiene signo positivo y un valor de 0,656. Entre mejor opinión sobre este tema, la probabilidad de adoptar las labranzas analizadas se incrementa en un 93%.

Tabla 2. Resultados de la estimación del modelo para medir la probabilidad de adopción de tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón, y sus cultivos de rotación en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012


Variable	Parámetro	Estadístico Wald	Probabilidad	Efectos marginales
Razonessig 1	-1,678	20,547	0,000	0.18
Razonessig 2	-3,639	21,432	0,000	0.51
Tenencia	0,854	2,841	0,092	0.07
Sexo	1,063	2,739	0,098	0.11
Retaguasuelo*	0,656	1,916	0,166	0.05
Pseudo R2 (Cox y Snell)	0,452			

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corporica – madr, 2012

La información del cuadro anterior muestra los resultados de regresión del modelo logístico dicotómico de la adopción de los productores de algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena. El Pseudo R2 es de 0,45; indica que el modelo es adecuado para determinar la probabilidad de adopción, y en ninguno de los casos se esperaría un valor del parámetro igual a cero. Por otra parte, es conveniente aclarar que en los modelos con variables cualitativas o dicotómicas son menores las exigencias del Pseudo R2, debido a que son calculados con el método de máxima verosimilitud; la interpretación difiere al R2 de mínimos cuadrados ordinarios. Los valores del estadístico de Wald superan los valores de la Z, correspondiente a la distribución normal. Debido a esto, todos los parámetros son significativos, diferentes de cero, y merecen ser incluidos en el modelo. Lo anterior a excepción del último, que se acepta con un nivel de significancia del 83%.

Efectos marginales

Con el fin de considerar la contribución individual de cada una de las variables que componen el modelo, que procura explicar la probabilidad de que los agricultores adopten las tecnologías diferentes a la convencional, se procedió al cálculo de los efectos marginales que se discuten a continuación.



Se observa que la variable que más contribuye a la adopción de tecnologías de manejo de suelos es la baja presencia de malezas con la técnica convencional, la cual hace la mayor contribución, con 51% de la explicación de la adopción de tecnologías. Esto que indica que un aumento en un punto en la proliferación de malezas disminuye en un 51% la probabilidad de que los agricultores adopten las tecnologías.

Le sigue la variable razón 2, que representa la disponibilidad de maquinaria. Esta hace una contribución del 18% de la explicación de la adopción, lo que significa que un aumento en un punto en la adquisición de maquinaria aumenta en un 18 % la probabilidad de adopción de tecnologías diferentes a la convencional.

La variable género contribuye con un 11% a la explicación de la adopción de tecnologías, lo que quiere decir que un aumento en un punto en la participación de los hombres en el cultivo aumenta la probabilidad de adopción de tecnologías diferentes a la convencional en un 11%.

La tenencia de la tierra le sigue en importancia como aporte a la explicación de la probabilidad de la adopción, y lo hace con un 7% de la explicación de la adopción. Esto evidencia que un aumento en un punto en la tenencia de la tierra aumenta la probabilidad de adopción de tecnologías diferentes a la convencional en un 7%.

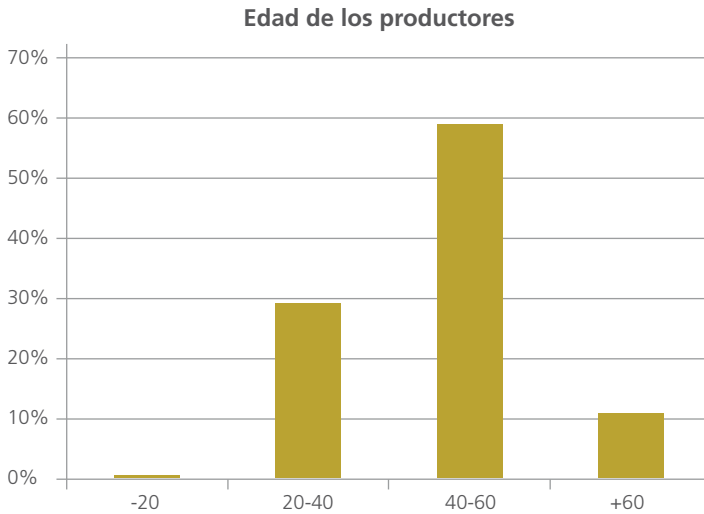
La disponibilidad del agua en el suelo es un factor que explica la probabilidad de adoptar tecnologías con una participación del 5%, lo que quiere decir que un aumento en un punto en la tenencia de la tierra aumenta la probabilidad de adopción de tecnologías diferentes a la convencional en el citado porcentaje.

De lo anterior se concluye que de todas las variables que explican la adopción de tecnologías, las más importantes son 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.

4. Estado actual del proceso de adopción de las tecnologías de manejo de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena

Se analizaron las principales características de los diferentes productores de algodón, a partir de los datos de las encuestas realizadas en las localidades de El Espinal, Alvarado, Ambalema e Ibagué. La información obtenida se presenta a continuación en las siguientes gráficas y tablas.

Gráfica 3. Edad de los productores de algodón Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

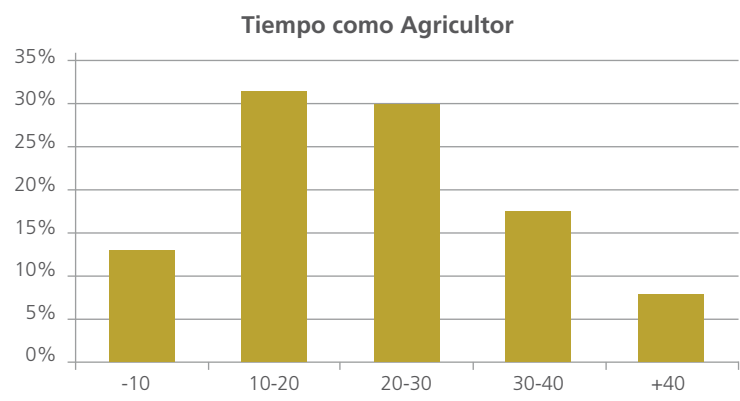


Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Se observa que la mayoría de los productores se encuentran entre los 40 y los 60 años. El promedio de edad se encuentra en los 46 años. Tan solo un poco más del 10% de las personas entrevistadas son mayores de 60 años. Sin embargo, más de un 80% de estas tienen edades entre los 20 y 60 años. Por otro lado, la minoría de los agricultores son menores de 20 años; solamente un 0,7%. Por tanto, se puede concluir que en la zona analizada los productores de algodón no se caracterizan por ser jóvenes.

Con lo que respecta al tema de la experiencia trabajando como agricultores, tenemos la siguiente gráfica, que muestra los porcentajes divididos por rangos:

Gráfica 4. Experiencia de los agricultores de algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

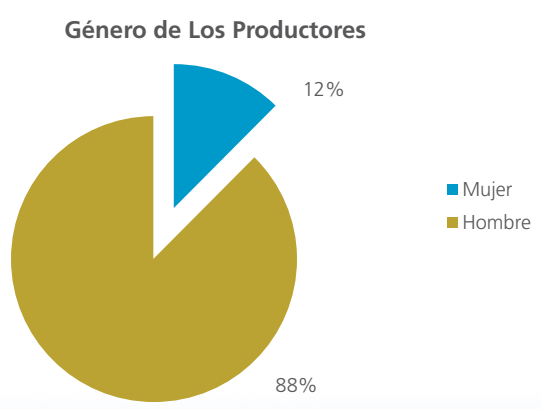


Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Se percibe que los agricultores de la zona tienen, en su mayoría, entre 10 y 20 años de experiencia, y que son pocos los que llevan trabajando más de 40 años. En promedio, los productores de la zona tienen 21 años de experiencia. Adicionalmente, más del 50% de los productores de la zona llevan trabajado más de una década, lo que puede dar a entender que, casi en su totalidad, los productores de análisis son experimentados.

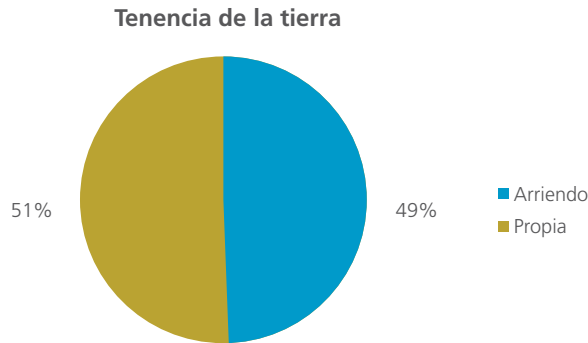
En la siguiente figura se presenta la relación de hombres y mujeres productores de algodón en la región:

Gráfica 5. Participaciones por género de los productores de algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

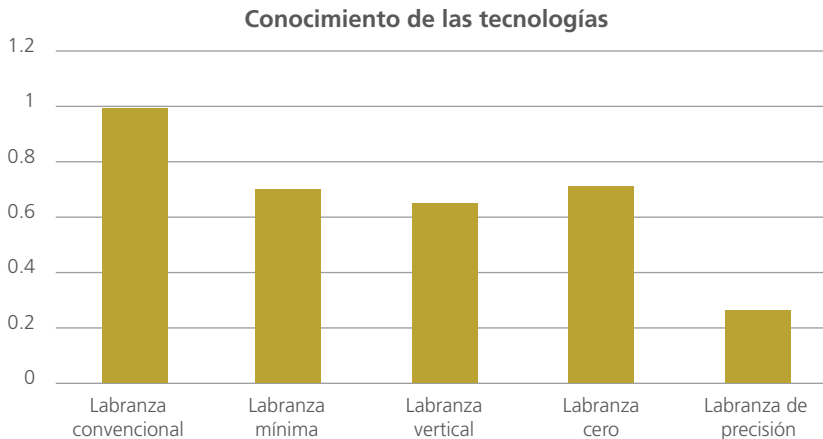
Gráfica 6. Tenencia de tierra para el sistema de producción del algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En la Gráfica 5 se puede apreciar que un 88% de los productores son hombres, y únicamente un 12% son mujeres. Adicionalmente, en la Gráfica 6 se observa que la mayoría de productores son propietarios de la tierra que labran, aunque la diferencia entre las proporciones no es representativa.

Gráfica 7. Conocimiento de las tecnologías de manejo de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En lo que respecta al conocimiento sobre los diferentes manejos de suelo, el 99% de los productores tienen conocimiento sobre la labranza convencional, y únicamente

el 26% de los encuestados saben sobre la labranza de precisión. En cuanto al resto de tecnologías, más del 50% de los agricultores están familiarizados con ellas.

Tabla 3. Tamaños de los productores cultivadores de algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Grande	Mediano	Pequeño
Labranza convencional	18,1%	14,5%	44,9%
Labranza mínima	2,9%	2,2%	9,4%
Labranza vertical	0,7%	1,4%	0,7%
Labranza cero	0%	1,4%	2,2%
Labranza de precisión	0,7%	0,7%	0%
Total	22%	20%	57%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corporica – madr, 2012

Se observa que la mayoría de los productores son pequeños, con una participación de más de 50% del total de los agricultores de la zona; al hacer referencia a los pequeños productores, se entiende que son aquellos que tienen una extensión de tierra inferior a 10 hectáreas. Adicionalmente, estos agricultores son los que más adoptan la labranza convencional, mínima y cero, siendo la primera la de mayor implementación. Además, se observa que los productores medianos son los que más utilizan la labranza vertical. Se logra apreciar que los grandes productores no implementan la labranza cero, pero sí adoptan en una pequeña proporción la labranza mínima.

Tabla 4. Clasificación de los productores de algodón por sistema de riego del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Sistema de riego	
	Sí	No
Labranza convencional	25%	52%
Labranza mínima	7%	8%
Labranza vertical	0%	3%
Labranza cero	2%	1%
Labranza de precisión	0%	1%
Total	34%	66%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corporica – madr, 2012

En la tabla anterior se aprecia que más del 50% de los productores no manejan sistema de riego; sin embargo, la mayoría de los agricultores que usan labranza mínima sí emplean este sistema. Lo mismo sucede con la labranza cero.

En cuanto a la labranza vertical, la totalidad de los productores utilizan sistema agrícola de secano.

Tabla 5. Fuentes de información sobre el manejo de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012 (porcentajes)

Fuente de información \ Tecnología	Labranza convencional	Labranza mínima	Labranza vertical	Labranza cero	Labranza de precisión	Total
Familiar	35,5	2,9	0,7	2,2	0	41,3
Papá	12,3	0,7	0	0	0	13
Agremiación	6,5	1,4	0	0	0	8
Otro	5,1	1,4	0	0	0	6,5
Amigo	4,3	0	0	0	0	4,3
Corpoica	3,6	2,2	0,7	0,7	0	7,2
Vecino	3,6	0	1,4	0	0	5,1
Asistente técnico	2,9	3,6	0	0	1,4	8
Cartilla	1,4	0	0	0	0	1,4
umata	1,4	0	0	0	0	1,4
ica	0,7	0,7	0	0,7	0	2,2
Televisión	0,0	1,4	0	0	0	1,4

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En la Tabla 5 se aprecian claramente las principales fuentes de información y cuáles son las de mayor influencia. La mayoría de los encuestados aprendieron la forma en que preparan el suelo de un familiar o su padre. Lo anterior evidencia la gran influencia de la tradición en la región objeto de estudio. Los medios de información que muestran menor influencia son la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agrícola (UMATA), la televisión y las cartillas sobre el tema, debido a que ninguna logra superar ni el 2% en el medio de transmisión de información de los productores. Además, se evidencia que los asistentes técnicos y las agremiaciones tienen gran influencia en la zona, ya que 16% de los agricultores aprendieron de ellos. En lo que respecta a cuál es la fuente de información que ha logrado transmitir de manera efectiva la explicación correspondiente de cada tecnología, los asistentes técnicos han sido los más eficaces en el tema de brindar información sobre la labranza mínima; y los familiares son los que han brindado mayor información sobre la labranza convencional.

Tabla 6. Vehículo de difusión de tecnologías de manejo de suelos en el sistema de producción del algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2011 (porcentajes)

Tecnología \ Vehículo de difusión	cadet	Día de campo	Demostración	Otro
Labranza convencional	2,2%	27,5%	43,5%	4,3%
Labranza mínima	0,7%	4,3%	8,0%	1,4%
Labranza vertical	0,7%	0,7%	1,4%	0%
Labranza cero	0%	0,7%	2,2%	0,7%
Labranza de precisión	0%	1,4%	0%	0%
Total	3,6%	34,8%	55,1%	6,5%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corporica – madr, 2011

En la tabla se puede apreciar que el vehículo de difusión de mayor poder de transmisión es la demostración de métodos, no solo de manera general, sino también para los casos particulares de la labranza convencional, mínima, vertical y cero. Más de la mitad de las personas entrevistadas aprendieron sobre el manejo de suelos que usan, por una demostración. En contraposición, el Comité Agropecuario de Desarrollo Tecnológico (CADET) es el más ineficaz debido a su bajo porcentaje de difusión; únicamente 3,6% de los agricultores encuestados han aprendido por medio de este.

Al analizar las opiniones sobre los diferentes manejos de suelo, encontramos que los productores revelan algunas de las razones para implementar las diferentes labranzas. Los datos recopilados se presentan a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 7. Razones de implementación de las diferentes tecnologías de manejo de suelo en el algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Razón \ Tecnología	Labranza convencional	Labranza mínima	Labranza vertical	Labranza cero	Labranza de precisión	Total
Fácil manejo	50,7%	9,4%	0%	1,4%	1,4%	63,0%
Bajos costos	24,6%	5,1%	0%	3,6%	0%	33,3%
Disponibilidad de maquinaria	50,7%	5,1%	1,4%	0%	0%	57,2%
Buena Cosecha	21,7%	7,2%	0,7%	2,9%	0%	32,6%
Mejora del suelo	3,6%	4,3%	1,4%	0,7%	0%	10,1%
Menos plaga	1,4%	0%	2,2%	0%	0%	3,6%
Menos maleza	0,7%	0%	0%	0%	0%	0,7%
Otros	0,7%	0%	0,7%	0%	0%	1,4%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corporica – madr, 2012

La mayoría de los productores que optan por la labranza convencional, es porque disponen de la maquinaria necesaria para esta, y piensan que es de más fácil manejo que las otras tecnologías. Los productores que realizan labranza mínima, opinan, de igual manera, que es fácil de implementar, y que da una mejor cosecha que las otras. Los agricultores que practican la labranza cero, lo hacen es por sus bajos costos y la menor cantidad de plagas. En general, las razones de mayor relevancia son facilidad en el empleo y la disponibilidad de maquinaria.

Tabla 8. Ventajas de las diferentes tecnologías usadas en el manejo de suelos en el cultivo del algodón en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología \ Ventaja	Menor mano de obra	Menor costo	Menor cantidad de insumos	Menos tiempo	No daña el suelo	Mayor producción
Labranza convencional	31%	24%	14%	32%	2%	25%
Labranza mínima	1%	7%	1%	3%	6%	7%
Labranza vertical	0%	0%	0%	1%	0%	1%
Labranza cero	1%	2%	1%	1%	1%	1%
Labranza de precisión	1%	1%	1%	0%	0%	1%
Total	34%	34%	16%	37%	9%	35%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En el tema de las ventajas percibidas por los agricultores, se logra apreciar que el tiempo de preparación del suelo es muy importante, además de la producción, seguido por la cantidad de mano usada para la labranza y el costo. La de menor relevancia es la percepción acerca del impacto de la tecnología sobre el suelo. En el caso particular de la labranza convencional, se puede ver que el tiempo es un factor de gran importancia, seguido de la cantidad de mano de obra utilizada. La labranza mínima se distingue por los menores costos y mayor producción, y en la labranza cero, al igual que en el anterior caso, los costos son la ventaja más influyente.

Tabla 9. Desventajas de las diferentes tecnologías usadas en el manejo de suelos en el cultivo del algodón en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Desventaja \ Tecnología	Labranza convencional	Labranza mínima	Labranza vertical	Labranza cero	Labranza de precisión	Total
Altos costos	39,1%	2,2%	1,4%	0,7%	0,7%	44,2%
Más mano de obra	10,1%	2,2%	0,7%	1,4%	0,7%	15,2%
No hay maquinaria	17,4%	2,2%	0,7%	0,7%	0%	21,0%
Poco conocido	2,9%	3,6%	0%	0%	0%	6,5%
Más plagas	2,9%	0%	0%	0,7%	0%	3,6%
Mayor cantidad de malezas	10,9%	0,7%	0%	0%	0%	11,6%
Más químicos	3,6%	0,7%	0%	0%	0%	4,3%
Otro	13,8%	5,8%	1,4%	2,2%	0,7%	23,9%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En lo que respecta a las desventajas, se observa que los costos son los de mayor porcentaje. Los productores que implementan la labranza cero opinan que se incurre en mayor uso de mano de obra. En labranza vertical y convencional, la desventaja que más referencian los productores es los altos costos. En el caso de la labranza mínima, los productores argumentan que hay poco conocimiento de dicha tecnología. Adicionalmente, hay otras desventajas menos importantes como la cantidad de plaga que sufre el cultivo debido a la labranza, y el mayor uso de químicos.

5. Análisis comparativo de las diferentes tecnologías

Con el fin de analizar la eficiencia económica de las diferentes tecnologías de manejo de suelos, se hizo un análisis comparativo tomando como base los patrones de costos obtenidos en el trabajo de campo en las localidades de El Espinal, Alvarado, Ambalema e Ibagué. La información obtenida se dividió en tres zonas: Norte, Centro y Sur. Los datos se presentan a continuación.

Zona Centro

Tabla 10. Análisis comparativo de costos entre tecnologías – Zona Centro del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza convencional \$	% Del costo respecto al total	Labranza vertical \$	% Del costo respecto al total	Valor incremental \$
COSTOS DIRECTOS	5.062.750	78	5.335.950	79	273.200
Labores	1.466.000	23	1.682.000	25	216.000
Preparación suelo	340.000	5	430.000	6	90.000
Mantenimiento del cultivo	1.126.000	17	1.252.000	18	126.000
Insumos	3.596.750	55	3.653.950	54	57.200
Semillas	528.000	8	528.000	8	0
Riego (valor agua)	38.600	1	38.600	1	0
Fertilizantes	1.015.000	16	1.015.000	15	0
Insecticidas	377.400	6	322.400	5	-55.000
Herbicidas	299.100	5	299.100	4	0
Fungicidas	93.850	1	93.850	1	0
Otros gastos	1.244.800	19	1.357.000	20	112.200
COSTOS INDIRECTOS	1.418.393	22	1.437.517	21	19.124
TOTAL COSTOS	6.481.143	100	6.773.467	100	292.324

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En la tabla anterior se puede observar que los costos directos en ambos casos son superiores al 75%, debido a que los insumos alcanzan más del 50% del costo total. Igualmente, puede considerarse que los costos directos, en su totalidad, son los mismos costos variables. Adicionalmente, se observa que los costos en la labranza vertical son superiores, salvo en el valor de los insecticidas, que presentan una reducción de 55.000, debido, en parte, a que se realiza un pase con cincel. El incremento de los costos totales, al realizar labranza vertical, es de \$292.324.

A continuación se analizan los ingresos. Se realizó el análisis con los mismos precios para las dos tecnologías; resultados que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Análisis comparativo de ingresos entre tecnologías – Zona Centro del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza convencional \$	Labranza vertical \$	Valor incremental \$
INGRESOS TOTALES	5.740.875	7.016.625	1.275.750
Algodón fibra	5.214.375	6.373.125	1.158.750
Semilla de algodón	526.500	643.500	117.000

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En lo que respecta al tema de ingresos, se puede observar una marcada diferencia, debido a que los de labranza vertical están por encima de los de la convencional con una diferencia de \$1.275.750 (Tabla 11). Esto se atribuye no solo a la venta de fibra de algodón sino también a la de semillas. Tal incremento es debido a un aumento de la productividad, y no de precio, como se aclaró anteriormente.

Tabla 12. Indicadores de rentabilidad de las diferentes tecnologías – Zona Centro del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza convencional	Labranza vertical
Ingreso neto	\$740.267,50	\$243.158,50
Rentabilidad	-11%	4%
B/C	0,89	1,04

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Analizando la rentabilidad se observa que se obtienen pérdidas al implementar labranza convencional. Esto se debe a la baja productividad. En contraposición, la labranza vertical tiene rentabilidades superiores del 4% (Tabla 12).

Zona Sur

Tabla 13. Análisis comparativo de costos entre tecnologías – Zona Sur del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza convencional \$	% Del costo respecto al total	Labranza vertical \$	% Del costo respecto al total	Valor incremental \$
COSTOS DIRECTOS	3.878.650	78%	4.995.250	81%	1.116.600
Labores	1.454.000	29%	1.992.000	32%	538.000
Preparación suelo	340.000	7%	430.000	7%	90.000
Mantenimiento del cultivo	1.114.000	22%	1.562.000	25%	448.000
Insumos	2.424.650	49%	3.003.250	49%	578.600
Semillas	264.000	5%	264.000	4%	0
Riego (valor agua)	38.600	1%	38.600	1%	0
Fertilizantes	598.000	12%	598.000	10%	0
Insecticidas	263.000	5%	318.000	5%	55.000
Herbicidas	102.000	2%	102.000	2%	0
Fungicidas	93.850	2%	93.850	2%	0
Otros gastos	1.065.200	21%	1.588.800	26%	523.600
COSTOS INDIRECTOS	1.081.506	22%	1.159.668	19%	78.162
TOTAL COSTOS	4.960.156	100%	6.154.918	100%	1.194.762

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En la Tabla 13 se observa que, al igual que en la Zona Sur, los costos son superiores en labranza vertical, siendo \$1.194.762 más altos. Esta diferencia se debe al mantenimiento del cultivo y al incremento de los insumos. Los costos directos en las dos tecnologías son superiores al 75%, característica similar a la Zona Centro, pero los insumos no superan el 50%, como se observó en el caso anterior.

En lo que concierne al tema de los ingresos, observamos un patrón con relación al caso de la zona anterior. Los datos se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Análisis comparativo de ingresos entre tecnologías – Zona Sur del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012 (\$/ha)

Tecnología	Labranza convencional	Labranza vertical	Valor incremental
INGRESOS TOTALES	4.890.375	7.867.125	2.976.750
Algodón fibra	4.441.875	7.145.625	2.703.750
Semilla de algodón	448.500	721.500	273.000

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Al realizar un análisis comparativo de ingresos, el resultado demostró que la labranza vertical genera mayores ingresos por productividad, tanto en fibra de algodón como en semilla. Al igual que en la Zona Centro, se observa que los ingresos son más altos con este tipo de labranza.

Tabla 15. Indicadores de rentabilidad de las diferentes tecnologías – Zona Sur del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza convencional	Labranza vertical
Ingreso neto	\$ 69.780,50	\$ 990.707,50
Rentabilidad	-1%	16%
B/C	0,99	1,16

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En la Tabla 15 se observa que la rentabilidad de la labranza vertical es superior, a pesar de que sus costos sean mayores. Sin embargo, la rentabilidad es mucho más alta que en el caso que se analizó anteriormente. Por consiguiente, se puede llegar a pensar que la Zona Sur resulta ser más productiva.

Zona Norte

Finalmente, se analizó la Zona Norte; los datos se presentan a continuación. El análisis se ha dividido en dos partes: las tecnologías con y sin implementación de sistema de riego.

Tabla 16. Análisis comparativo de costos entre tecnologías con riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza mínima con semilla transgénica	% Del costo respecto al total	Labranza vertical semilla transgénica	% Del costo respecto al total	Labranza convencional con semilla transgénica	% Del costo respecto Al total
COSTOS DIRECTOS	\$ 4.638.490,68	78%	\$ 5.038.490,68	79%	\$ 5.096.490,68	79%
Labores	\$ 1.259.000,00	21%	\$ 1.609.000,00	25%	\$ 1.667.000,00	26%
Preparación suelo	\$ 70.000,00	1%	\$ 420.000,00	7%	\$ 460.000,00	7%
Mantenimiento del cultivo	\$ 1.189.000,00	20%	\$ 1.189.000,00	19%	\$ 1.207.000,00	19%
Insumos	\$ 3.379.490,68	57%	\$ 3.429.490,68	54%	\$ 3.429.490,68	53%
Semillas	\$ 480.000,00	8%	\$ 480.000,00	8%	\$ 480.000,00	7%
Riego (valor agua)	\$ 54.770,68	1%	\$ 54.770,68	1%	\$ 54.770,68	1%
Fertilizantes	\$ 1.096.000,00	18%	\$ 1.096.000,00	17%	\$ 1.096.000,00	17%
Insecticidas	\$ 186.100,00	3%	\$ 186.100,00	3%	\$ 186.100,00	3%
Herbicidas	\$ 303.000,00	5%	\$ 303.000,00	5%	\$ 303.000,00	5%
Fungicidas	\$ 44.250,00	1%	\$ 44.250,00	1%	\$ 44.250,00	1%
Otros Gastos	\$ 1.215.370,00	21%	\$ 1.265.370,00	20%	\$ 1.265.370,00	20%
COSTOS INDIRECTOS	\$ 1.288.694,35	22%	\$ 1.316.694,35	21%	\$ 1.320.754,35	21%
TOTAL COSTOS	\$ 5.927.185,03	100%	\$ 6.355.185,03	100%	\$ 6.417.245,03	100%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Se puede apreciar que en la Zona Norte los costos más elevados son los de la labranza convencional, y que los de la labranza mínima resultan ser los más bajos; esto gracias a que los costos por concepto de labores, más específicamente los de preparación del suelo, disminuyen en gran cuantía. Los costos de la labranza vertical también son inferiores, aunque no difieren en gran proporción. Además, se observa que más del 75% de los costos son directos, y que los insumos ascienden a más del 50% (ver Tabla 16).

Tabla 17. Análisis comparativo de ingresos con riego - Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza mínima	Labranza vertical	Labranza convencional
INGRESOS TOTALES	\$ 6.495.693,75	\$ 6.495.693,75	\$ 6.495.693,75
Algodón fibra	\$ 5.899.968,75	\$ 5.899.968,75	\$ 5.899.968,75
Semilla de algodón	\$ 595.725,00	\$ 595.725,00	\$ 595.725,00

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Desde el punto de vista de los ingresos, se había observado que las zonas anteriores presentaban diferentes productividades, pero en esta se evidencia que no hay diferencia de los rendimientos entre las diversas tecnologías de manejo de suelo. Por tal motivo, todas tienen el mismo ingreso bruto (ver Tabla 17).

Tabla 18. Indicadores de rentabilidad con riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza mínima	Labranza vertical	Labranza convencional
Ingreso neto	\$ 568.508,72	\$ 140.508,72	\$ 78.448,72
Rentabilidad	10%	2%	1%
B/C	1,10	1,02	1,01

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En la Tabla 18, las rentabilidades reflejan claramente las diferencias que se observaron en los costos, siendo la labranza mínima la más rentable, seguida por la labranza vertical. Cabe resaltar de la Zona Norte que las tres tecnologías tienen rentabilidades positivas.

Ahora se presentan los análisis de las mismas tres tecnologías analizadas, pero sin sistema de riego para la Zona Norte.

Tabla 19. Análisis comparativo de costos entre tecnologías sin riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza mínima (secano)	% Del costo respecto al total	Labranza convencional (secano)	% Del costo respecto al total	Labranza vertical (secano)	% Del costo respecto al total
COSTOS DIRECTOS	\$ 4.865.400,00	79%	\$ 5.045.400,00	79%	\$ 4.629.150,00	78%
Labores	\$ 1.699.500,00	28%	\$ 1.879.500,00	30%	\$ 1.462.000,00	25%
Preparación suelo	\$ 210.000,00	3%	\$ 390.000,00	6%	\$ 420.000,00	7%
Mantenimiento del cultivo	\$ 1.489.500,00	24%	\$ 1.489.500,00	23%	\$ 1.042.000,00	18%
Insumos	\$ 3.165.900,00	51%	\$ 3.165.900,00	50%	\$ 3.167.150,00	54%
Semillas	\$ 720.000,00	12%	\$ 720.000,00	11%	\$ 480.000,00	8%
Riego (valor agua)	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	0%
Fertilizantes	\$ 776.000,00	13%	\$ 776.000,00	12%	\$ 1.096.000,00	19%
Insecticidas	\$ 187.100,00	3%	\$ 187.100,00	3%	\$ 186.100,00	3%
Herbicidas	\$ 425.000,00	7%	\$ 425.000,00	7%	\$ 303.000,00	5%
Fungicidas	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ 44.250,00	1%
Otros gastos	\$ 1.057.800,00	17%	\$ 1.057.800,00	17%	\$ 1.057.800,00	18%
COSTOS INDIRECTOS	\$ 1.304.578,00	21%	\$ 1.317.178,00	21%	\$ 1.288.040,50	22%
TOTAL COSTOS	\$ 6.169.978,00	100%	\$ 6.362.578,00	100%	\$ 5.917.190,50	100%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

De acuerdo con la Tabla 19, la labranza vertical ostenta los menores costos, debido a su rentabilidad en el concepto de mantenimiento del cultivo. La labranza mínima, por su parte, tiene bajos costos por la preparación del suelo. Adicionalmente, la labranza vertical muestra un costo superior por uso de fertilizantes y fungicidas, aunque incurre en un menor gasto por uso de semillas; el costo de los insumos para esta tecnología es el más elevado.

Desde el punto de vista de los ingresos, tenemos los siguientes datos:

Tabla 20. Análisis comparativo de ingresos sin riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza mínima (secano)	Labranza convencional (secano)	Labranza vertical (secano)
INGRESOS TOTALES	\$ 5.315.625,00	\$ 5.315.625,00	\$ 5.315.625,00
Algodón fibra	\$ 4.828.125,00	\$ 4.828.125,00	\$ 4.828.125,00
Semilla de algodón	\$ 487.500,00	\$ 487.500,00	\$ 487.500,00

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Los ingresos no varían entre las tecnologías, pero la productividad es menor al no implementarse el sistema de riego.

Tabla 21. Indicadores de rentabilidad sin riego – Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

Tecnología	Labranza mínima (secano)	Labranza convencional (secano)	Labranza vertical (secano)
Ingreso neto	\$ 854.353,00	\$ 1.046.953,00	\$ 601.565,50
Rentabilidad	-14%	-16%	-10%
B/C	0,86	0,84	0,90

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Se logra percibir que, sin riego, en todos los casos hay pérdidas; aunque las menores se dan en la labranza vertical (10%). Por su parte, la labranza convencional es la que incurre en mayores pérdidas, equivalente a \$1.046.953,00 (Tabla 21).

En términos generales, el análisis comparativo reflejó cinco hechos interesantes; (i) para las regiones analizadas, la labranza convencional es la que presenta los menores beneficios económicos; (ii) la mayoría de los costos son directos debido a que, en casi todos los casos, el costo de los insumos es superior al 50%; (iii) en algunos casos hay pérdidas, debido a los costos fijos; (iv) en las regiones Centro y Sur se evidencian cambios en la productividad para la labranza vertical; y, más importante aún, (v) la adopción de tecnologías de manejo de suelos, labranza mínima y vertical, tiene mayor viabilidad económica, debido a que presenta mayores beneficios respecto a la convencional.

Ecuación productividad - profundidad

Se inició con el estudio de la importancia de las variables compactación y profundidad del suelo en la productividad del cultivo, medida como producción de toneladas por hectárea. Las ecuaciones no resultaron significativas, pues la productividad mostraba una alta dispersión. Para eliminar esta alta variabilidad, se eliminaron los datos con rendimientos por hectárea menores a 12,7 t/ha (algodón semilla) y las mayores a 3,7 t/ha. Al realizar el estudio, se encontró que la variable compactación no era significativa, por lo que se hizo prueba de variable redundante y se eliminó.

El análisis productividad - profundidad tuvo como variables dependientes la profundidad; el área sembrada en algodón; la existencia de riego (variable binaria); la acidez del suelo (pH); el porcentaje de materia orgánica (M.O.); el contenido de fósforo (P), de potasio (K) y de calcio (Ca); una variable binaria para señalar la Zona Norte, una variable binaria para señalar la Zona Sur; y una variable binaria que tomó el valor de 1 cuando la textura fuera arcillosa. La forma funcional escogida fue una log-log, tanto por la conveniencia de la forma funcional, como por su significancia global.

Tabla 22. Función productividad - profundidad toda la zona

```
. regress lPRODUCTIVIDAD_ lPROFUNDIDAD_ lAREA lRIEGOM lPH lMO lP lK_ lCa lNORTED lSURD lARENOSOD
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	28
Model	.851409636	11	.077400876	F(11, 16) =	2.08
Residual	.596414059	16	.037275879	Prob > F =	0.0894
				R-squared =	0.5881
				Adj R-squared =	0.3049
Total	1.4478237	27	.0536231	Root MSE =	.19307

lPRODUCTIVI~_	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lPROFUNDIDAD_	.2140233	.1401627	1.53	0.146	-.0831083	.5111549
lAREA	.0815131	.0302951	2.69	0.016	.0172904	.1457358
lRIEGOM	.3379308	.1611527	2.10	0.052	-.0036975	.6795592
lPH	-.82255	.6781616	-1.21	0.243	-2.260188	.6150884
lMO	-.0527594	.0954026	-0.55	0.588	-.255004	.1494851
lP	-.0376139	.0568892	-0.66	0.518	-.1582135	.0829858
lK_	.0409975	.129239	0.32	0.755	-.232977	.3149719
lCa	.1901575	.1239697	1.53	0.145	-.0726467	.4529616
lNORTED	-.4667584	.206331	-2.26	0.038	-.9041606	-.0293561
lSURD	-.2367959	.2896256	-0.82	0.426	-.8507747	.3771829
lARENOSOD	-.0649182	.1779968	-0.36	0.720	-.4422545	.3124181
_cons	1.539388	1.2754	1.21	0.245	-1.164338	4.243115

Fuente: Elaborado por eci con base en datos de Rivera (2011)

La regresión es significativa en un nivel de 10% de confianza, lo cual es interesante ya que los datos son de agricultores, con la variabilidad que esto conlleva.

La variable que afecta la productividad de una manera significativa es la profundidad con signo positivo pues, a mayor profundidad, mayor productividad. Igualmente, el área y el riego son significativas y positivas, indicando que, a mayor el área sembrada, mayor la productividad, y que el riego tiene un efecto positivo sobre la productividad. Lo mismo sucede con la variable binaria de Zona Norte, también concordante con lo esperado por tratarse de una región con mayor desarrollo tecnológico.

Ecuaciones productividad compactación

Tratando de aplicar una metodología similar, y buscando la relación entre compactación y productividad, se corrieron regresiones para cada zona. En la región Central no hubo resultados estadísticamente significativos sobre la relación entre productividad y compactación.

Tabla 23. Función productividad - compactación Zona Sur

```
. regress lPRODUCTIVIDAD_ lCOMPACTACION_MEGAPASCALES_ lAREA lRIEGOM
```

Source	SS	df	MS			
Model	.235675894	3	.078558631	Number of obs =	6	
Residual	.027485852	2	.013742926	F(3, 2) =	5.72	
Total	.263161747	5	.052632349	Prob > F =	0.1525	
				R-squared =	0.8956	
				Adj R-squared =	0.7389	
				Root MSE =	.11723	

lPRODUCTIVIDAD_	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lCOMPACTACION_MEGAPASCALES_	-.6810381	.2170793	-3.14	0.088	-1.615055	.2529787
lAREA	.0296267	.0369366	0.80	0.507	-.1292988	.1885521
lRIEGOM	.538214	.1684131	3.20	0.086	-.1864092	1.262837
_cons	1.645649	.2932365	5.61	0.030	.3839546	2.907344

Fuente: Elaborado por eci con base en datos de Rivera (2011)

Los resultados del análisis del efecto de la compactación de suelos en la productividad del algodón para la región Sur se muestran en la Tabla 23. Se presentan los

resultados para la forma funcional log-log. La ecuación únicamente es significativa a un nivel de confianza del 20%. Nótese que se trata de solo 6 observaciones. La variable profundidad tiene signo negativo (a mayor compactación, menor productividad) y es significativa al 10%. La variable binaria riego es también significativa al 10%. La ecuación para la región Norte no se utilizó.

Análisis de largo plazo

El análisis de largo plazo para los sistemas de labranza mínima o reducida siguió la siguiente metodología descrita por Baquero *et al.* (1998): en primer lugar, se obtienen los datos de erosión; en este caso se utilizaron aquellos obtenidos por Ramírez (2001) para el Triángulo del Tolima en rotación algodón - maíz. De estos se tomaron los respectivos para algodón - algodón/maíz en pendientes de 3% y 7%, para las labranzas mínima y convencional. Los resultados se utilizaron para las tres zonas.

Tabla 24. Pérdida de suelo (t/ha) estimada mediante el modelo usle en cultivos establecidos en secano bajo dos tipos de labranza, en diferentes grados de pendiente

	Labranza convencional				Labranza reducida			
Rotación / Grado de pendiente	0,01	0,03	0,07	0,12	0,01	0,03	0,07	0,12
Arroz* - Arroz*	0,63	1,64			0,29	0,77		
Arroz* - Maíz	2,84	7,53			0,86	1,75		
Algodón - Maíz	4,57	12,16	42,3	43,39	2,49	6,61	22,9	23,42

Fuente: Ramírez (2001)

Con base en los datos de erosión, se evidencia la disminución anual de la profundidad del suelo. Se partió de una profundidad inicial de 25 cm, la cual es arbitraria. Para los análisis, esta profundidad se ajustó para que conviniera con las productividades de los patrones de costos; 35 cm para la productividad de 3.055 kg/ha y 21 cm para la productividad de 2.560 kg por ha. Sin embargo, dado que la metodología consiste en comparar las situaciones con y sin proyecto, el efecto directo se cancela con la comparación, dejando solamente el cambio por efecto de la erosión como base para calcular el beneficio incremental. Nótese que la labranza de conservación disminuye la erosión, pero no la elimina.

Para el análisis de la compactación en el sur, se substituyó directamente en la ecuación estimada los valores de compactación equivalentes a la productividad hallada en

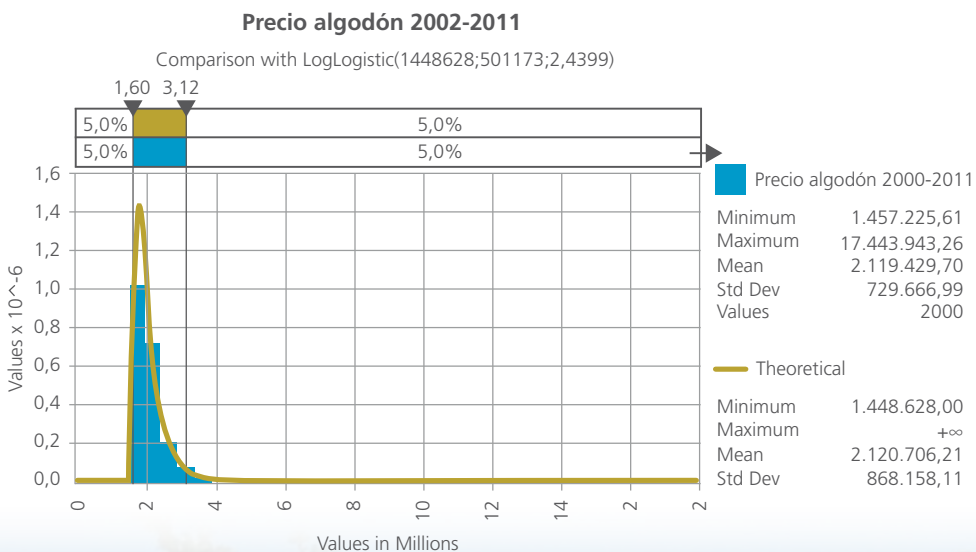
los consensos con productores. Se realizó una simulación con diferentes velocidades de compactación (cada año, cada 2 años, cada 3 años y cada 5 años). La consulta con los expertos sugirió que la alta compactación del suelo en la zona se deriva del manejo del agua para riego a través de inundación. En estas circunstancias de manejo de riego, la compactación aparece en extremos limitantes de cosecha a cosecha.

Análisis de riesgo. Programa @RISK

A los sistemas de producción individuales que tuvieron adopción de acuerdo con la encuesta realizada por el proyecto, se les examinó la medida de rentabilidad utilizando análisis de riesgo. Este se introdujo en dos variables: productividad y precios.

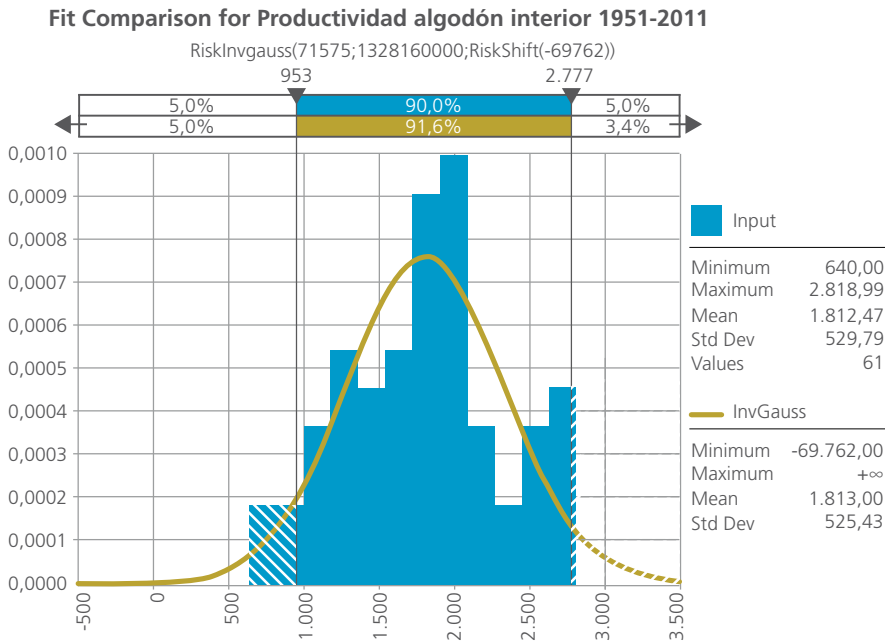
Para calcular la distribución de probabilidad de la productividad, se utilizaron los datos de rendimiento de algodón semilla para la región Centro desde 1951 hasta 2011. Los precios se trajeron a los de octubre de 2011, con el índice de precios a productor. Los resultados se muestran en la Gráfica 8. @RISK estimó una función log-logística con máximo + infinito, media de \$2.120.706 y un mínimo de \$1.448.682. La desviación estándar fue estimada en \$868.158. Esta desviación muestra el reciente incremento en los precios de algodón, en particular en 2011. En estas circunstancias es posible tener precios superiores a \$4.500.000 algodón semilla, o \$9.000.000 algodón fibra, pero con baja probabilidad.

Gráfica 8. Distribución de probabilidad del precio de algodón



Las estimaciones de la distribución de probabilidad de algodón en interior utilizaron la serie compilada por el proyecto, que se inicia en 1951 y termina en 2011. Las estimaciones de @RISK se muestran en la Gráfica 9.

Gráfica 9. Distribución de probabilidad de la productividad de algodón interior 1951-2011 en kg/ha



El programa estimó una función invertida de Gauss con un mínimo de -69.762, un máximo de + infinito, y media de 1.813 kg/ha. Esta estimación no fue utilizada directamente en los análisis posteriores, dado que en las proyecciones la producción varía todos los años. En su defecto, se usó una variable “fantasma” con forma normal, con media 1 y varianza de 0,2928.

Evaluación económica global.

Finalmente, se realizó una evaluación económica global de la inversión en investigación y desarrollo tecnológico de labranza en algodón para el Valle Cálido del Alto Magdalena.

La metodología se basó en la agregación de los beneficios a productor de cada uno de los sistemas evaluados en corto y largo plazo (labranza profunda en las zonas Norte y Sur, y labranza mínima en las zonas Norte, Centro y Sur).

Los datos de área con las tecnologías evaluadas se obtuvieron a través de la encuesta, descrita anteriormente, realizada por este mismo estudio. Los porcentajes de adopción se separaron por zona, diferenciando entre seco y riego. Las áreas sembradas para el periodo analizado se obtuvieron de CONALGODÓN y se complementaron con los datos de la CCI con cobertura municipal. Los precios se supusieron constantes a octubre de 2011.

Los datos de las inversiones de investigación y desarrollo de CORPOICA fueron calculados por la Oficina de Planeación de la Corporación.

Inicialmente, se propuso realizar un análisis de excedentes, pero se determinó que no añadía mucha información adicional y los costos para realizarlo eran superiores a la información a recibir. En efecto, se cree que la metodología de análisis de largo plazo, así como la introducción del riesgo en los análisis, permite captar mejor el verdadero impacto de las tecnologías. Por su parte, se estimó que el área adoptante es menor al 4% del área sembrada nacional, lo que hace muy inseguro el análisis de excedentes.

Análisis incremental de corto plazo por cultivos

Basados en los datos obtenidos a través del consenso con productores y asistentes técnicos, realizado el 18 de diciembre de 2011 en el CI Nataima, se llevó a cabo el análisis incremental comparando la situación con proyecto (tecnología de labranza profunda o tecnología de labranza mínima o cero) con la situación sin proyecto (ver Anexo 1). Los resultados para cada sistema evaluado se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Análisis incremental adopción labranza de conservación

Análisis incremental beneficio neto de adopción tecnología (\$/ha)			
Zona	Tipo de labranza	Riego	Secano
Zona Norte	Labranza profunda	42.000	-85.956
Zona Norte	Labranza mínima	512.820	209.790
Zona Centro	Labranza profunda	703.839	n.d
Zona Sur	Labranza profunda	1596.099	n.d

Fuente: Cálculos propios eci con base en trabajo de campo corpoica, 2012

En resumen, las tecnologías más rentables por hectárea fueron la labranza profunda o vertical en la Zona Sur, con un beneficio neto de \$1.596.099 por hectárea, resultante de dos efectos: la reducción de costos de labranza y el incremento sustancial en la productividad del algodón, al eliminar el problema de compactación. Igualmente importante fue el incremento de la rentabilidad por estas mismas causas en la región Centro, que alcanzó \$703.839 por hectárea. En la Zona Norte se estimó mucho menor, pues no se incluyó un efecto en producción. La rentabilidad de corto plazo en la zona irrigada es de solo \$42.000 por hectárea semestre, mientras que la adopción en la zona de secano traería al productor pérdidas por valor de \$85.956. Este resultado no es muy consistente con la adopción de los productores; con estas rentabilidades tan altas se hubiera esperado que la adopción hubiera sido también alta, cosa que no fue así. Por el contrario, la zona con mayor adopción de labranza vertical por parte de los productores es la Norte, con una rentabilidad varias veces menor que la calculada para las zonas Centro y Sur.

Los resultados de labranza cero son también interesantes. Para la situación con riego, la adopción de la tecnología trajo beneficio neto de \$512.820 por hectárea, mientras que la adopción de esta tecnología en la zona de secano rindió un beneficio de \$209.790/ha/cosecha. Los asistentes al consenso no calcularon patrones de costo para labranza cero y mínima para las zonas Centro y Sur, aduciendo que no conocían casos de adopción. Nuevamente, los datos de la encuesta realizada por este estudio encuentran el mayor porcentaje adopción de tecnologías para labranza mínima y reducida en las zonas Centro y Sur.

Resultados simulación de largo plazo labranza mínima zonas Norte, Centro y Sur

Tal como se explicó en la metodología, la productividad de los cultivos se obtuvo a partir de la relación estimada de productividad – profundidad. Los resultados se estiman a partir de una profundidad del suelo de 35 cm o 21 cm, la cual disminuye conforme la erosión con las tasas descritas en la metodología. Se consideraron dos casos; uno con pendientes de 3% y otro con pendientes de 7%. La tasa de descuento utilizada fue de 11,57%.

Para la labranza mínima con riego en la Zona Norte, con pendiente de 3%, el VPN estimado fue de \$4.389.726 por hectárea, lo que equivale a un valor anualizado de \$527.658.

Para el caso de secano con la misma pendiente, el VPN fue de \$1.830.687 por hectárea, con un valor anualizado de \$220.054 por hectárea. Las proyecciones se realizaron para 30 años. Al considerar una mayor pendiente, se aumenta la rentabilidad de las actividades de conservación (ver Tabla 26 para el VPN, y 27 para el valor anual equivalente).

Debe aclararse que gran parte de la mayor rentabilidad para el caso del riego, en comparación con la situación secano, es el resultado de ajustar la productividad a la fórmula obtenida, pues desde el punto de vista productivo no se han encontrado en la literatura diferencias en producción con labranza mínima o reducida.

Tabla 26. Rentabilidad de la adopción de largo plazo de la labranza de conservación, valor anual equivalente por hectárea a 30 años

Rentabilidad de la adopción de labranza de conservación -VPN por hectárea a 30 años						
Labranza	Zona	Riego/secano	Pendiente	Sin Proyecto	Con Proyecto	Incremental
Mínima	Norte	Riego	0,03	-875.054	3.453.386	4.328.440
Mínima	Norte	Riego	0,07	-1.246.868	3.259.844	4.506.712
Mínima	Norte	Secano	0,03	-8.744.491	-6.913.804	1.830.687
Mínima	Norte	Secano	0,07	-9.198.597	-7.150.232	2.048.365
Profunda	Norte	Riego		16.249.847	16.549.505	299.658
Mínima	Centro/sur	Riego	0,03	3.391.233	3.453.386	62.153
Mínima	Centro/sur	Riego	0,07	3.019.419	3.259.844	240.425
Mínima	Centro/sur	Secano	0,03	6.999.192	-6.913.804	85.388
Mínima	Centro/sur	Secano	0,07	7.453.298	-7.150.232	303.066
Profunda	Sur	Riego		7.453.298	-7.150.232	303.066
Mínima	Norte	Riego	0,03	-105.184	415.107	520.291
Mínima	Norte	Riego	0,07	-149.877	391.843	541.720
Mínima	Norte	Secano	0,03	-1.051.113	-831.059	220.054
Mínima	Norte	Secano	0,07	-1.105.698	-859.479	246.219
Profunda	Norte	Riego		1.953.279	1.989.298	36.020
Mínima	Centro/sur	Riego	0,03	407.636		7.471
Mínima	Centro/sur	Riego	0,07	362.943	391.843	28.900
Mínima	Centro/sur	Secano	0,03	-841.323	-831.059	10.264
Mínima	Centro/sur	Secano	0,07	895.908	859.479	36.429
Profunda	Sur	Riego		-895.908	-859.479	36.429

Fuente: Elaboración Escuela Colombiana de Ingeniería –eci, 2012

Se muestran, además, los resultados de labranza mínima para las zonas Centro y Sur. En estos casos, dado que no se contaba con un patrón de costos diferenciado para las situaciones con y sin proyecto, se tomó el patrón de costos para la Zona Norte en la condición con proyecto (labranza cero), de tal manera que la única diferencia entre la situación con proyecto frente a la situación sin proyecto, es el resultado de la conservación de suelos.

No deben ser preocupantes los datos de VPN o Valor Anual Equivalente negativo, pues son el resultado de valorar todos los costos asignados, lo que aumenta los costos con respecto a los que se trabajan comúnmente en Colombia. El llamado de atención es con respecto a la necesidad de implementar en el país estas metodologías avaladas por la Asociación Americana de Economistas Agrícolas y la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos, para un mejor entendimiento de los productores del costo de oportunidad real de sus factores de producción.

Se presentaron los resultados de los análisis de riesgo de las tecnologías individuales. La media es igual a las estimadas directamente en la hoja de cálculo. Los resultados mostraron que es poco riesgoso el uso de las tecnologías, por cuanto, al aplicar el costo anual equivalente, todas resultaron ser poco riesgosas, y en ningún caso se presentó pago mínimo menor de cero.

El estudio realizado muestra que la inversión que se realizó en la investigación y transferencia de tecnología del Plan del Algodón por parte de CORPOICA fue rentable, con VPN positivos a la tasa del 11,57% y TIR de 14% o 15%, según los supuestos de pendiente del área.

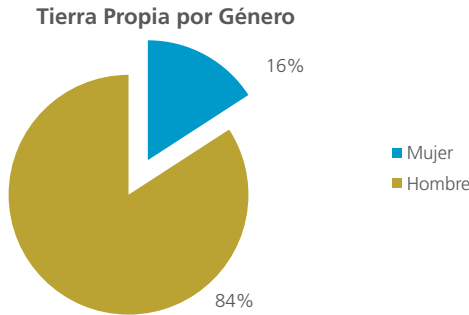
Se presentó además una baja tasa de adopción de las tecnologías de producción y un cierto grado de desconocimiento de gremios y asistentes técnicos sobre el uso y conveniencia de estas tecnologías. Esto último afectó los patrones de costo utilizados para el presente estudio, ya que los que estaban disponibles se especificaban sobre otras características de la producción. En el caso de poder continuar este trabajo, los costos de producción deben incluirse en la encuesta a productores.

La rentabilidad de las tecnologías de labranza de conservación se aprecia mejor especialmente cuando se toman en consideración los efectos de largo plazo de estas tecnologías, sobre la compactación del suelo y sobre la erosión, problemas que afectan de manera importante la capacidad productiva de los suelos.

6. Evaluación social de la adopción e impacto

Para el análisis de las características sociales de los productores de algodón se realizaron algunos cruces de variables socioeconómicas, con el fin de apreciar cómo se han visto afectados los agricultores de la zona al implementar nuevas tecnologías de manejo de suelos.

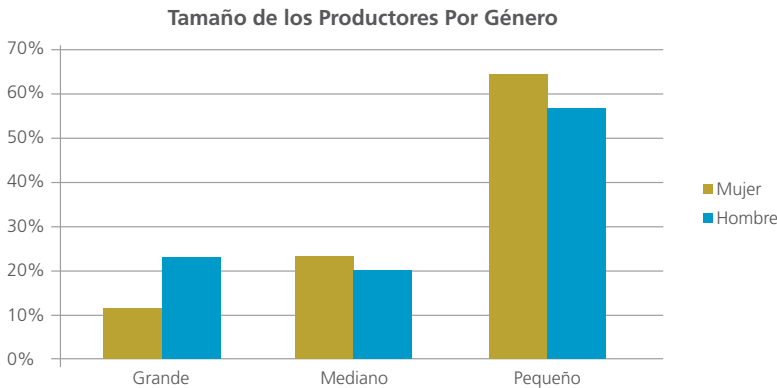
Gráfica 10. Dueños de la propiedad agrupados por género



Fuente: Elaboración propia con base en encuestas corpoica –madr, 2012

Al analizar a los agricultores que son propietarios de la tierra que cultivan, se encontró que la mayoría son hombres, evidenciando un posible problema de desventaja de oportunidades para las mujeres en el tema de adquisición de propiedad, así como en las decisiones del uso de la tecnología. Para profundizar más en el tema de discriminación, se hizo el cruce de las variables tipo de productor con el género; los resultados se presentan en la siguiente gráfica.

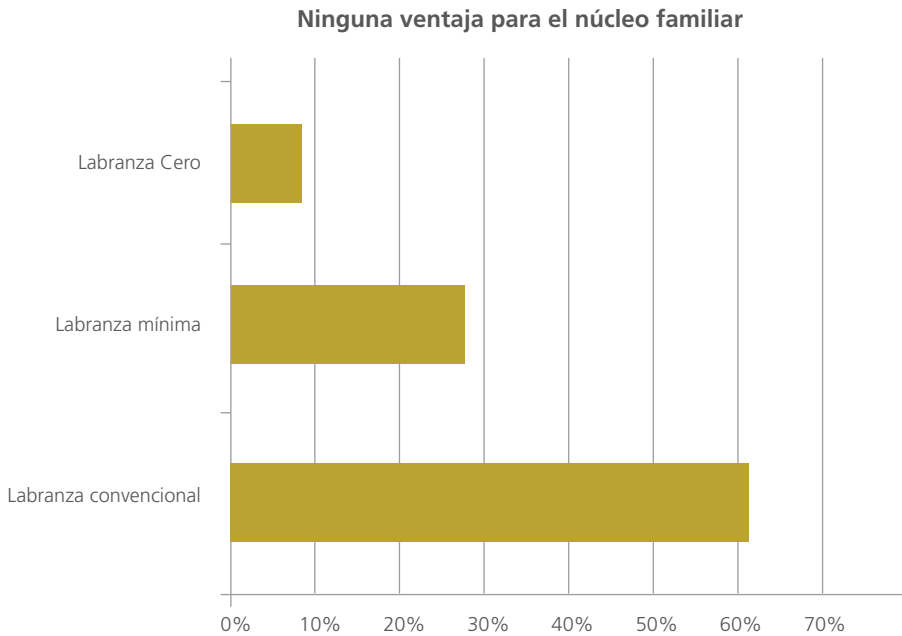
Gráfica 11. Tamaño del productor versus género



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Se percibe que puede haber una discriminación debido a que la mayor proporción de productores grandes son hombres. Como se describió anteriormente, hay pocas mujeres que estén haciendo uso del suelo. Adicionalmente, los productores revelaron que hay una fuerte influencia de las tradiciones en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, no solamente en los algodóneros sino en los otros cultivos existentes en la zona de análisis.

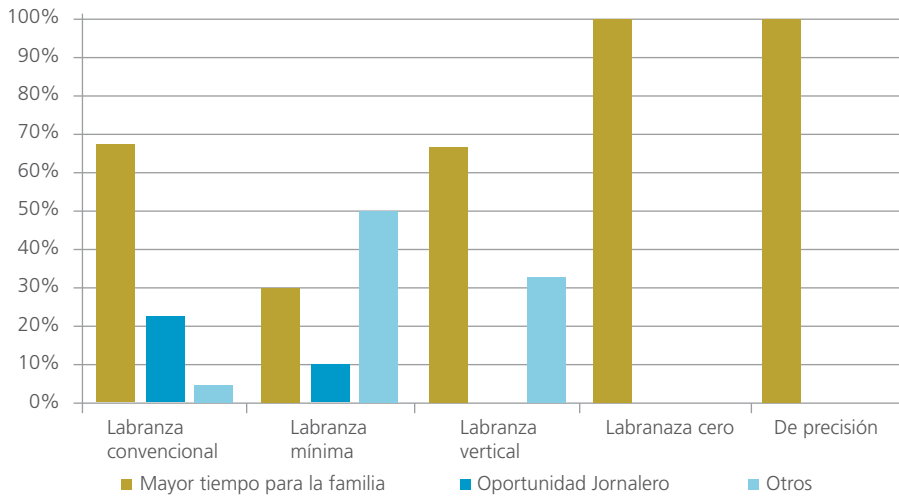
Gráfica 12. Opiniones sobre las tecnologías que no traen ventaja para el núcleo familiar



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Se observa que los productores que optan por la labranza convencional perciben que dicha forma de preparación del suelo no les trae ventajas, como tiempo para ocio (aclarando que se hace referencia a “ocio productivo”, concepto que apunta hacia el tiempo que se puede dedicar para relacionarse con la familia u otras personas, leer o aprender nuevas actividades, etc.). Esta clara diferencia de opiniones entre las tecnologías analizadas está estrechamente relacionada con el tiempo que toma la preparación del suelo adoptada por el agricultor, siendo la labranza convencional la que trae menor ventaja, como lo muestra la Gráfica 13.

Gráfica 13. Actividades a las que se dedica el tiempo libre por tipo de labranza

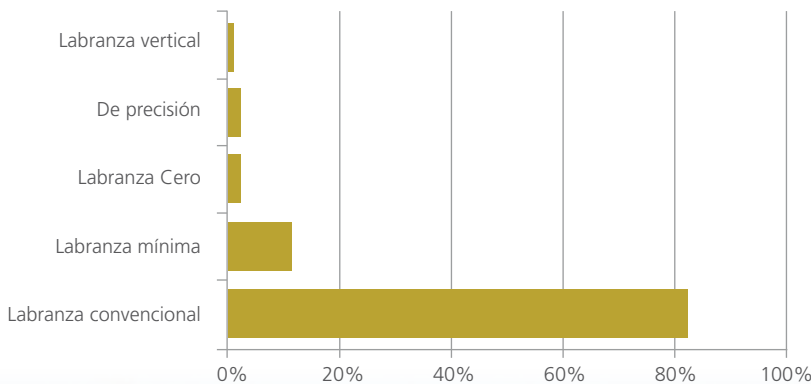


Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

El tiempo libre de los productores lo dedican, en su mayoría, a la familia, factor de gran relevancia ya que lo consideran el núcleo de la sociedad, lo cual, a futuro, puede traer más beneficios sociales. Muy pocos agricultores dedican el tiempo a actividades como el jornaleo; algunos lo dedican a otras actividades, ya sea practicar deportes o incluso bailar. Por su parte, los agricultores que optan por sembrar directamente (labranza cero) tienen más tiempo libre, el cual dedican a la familia, lo que representa una ventaja a futuro no solo en términos económicos sino sociales en tanto a la crianza de los hijos.

Gráfica 14. Mejoría en la salud a causa de las tecnologías

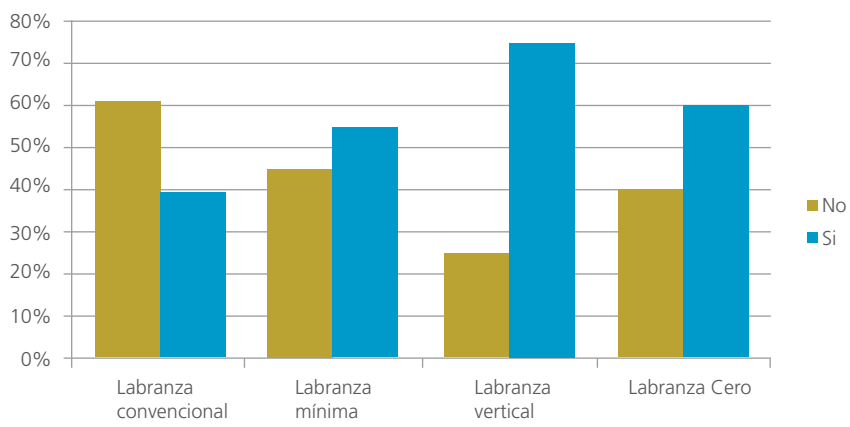
La tecnología de manejo de suelos que usted usa no ha contribuido a mejorar la salud del trabajador y la del agricultor



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Al entrar en el tema de salud, se observa que la adopción trae ventajas. La Gráfica 15 muestra lo que revelaron los agricultores.

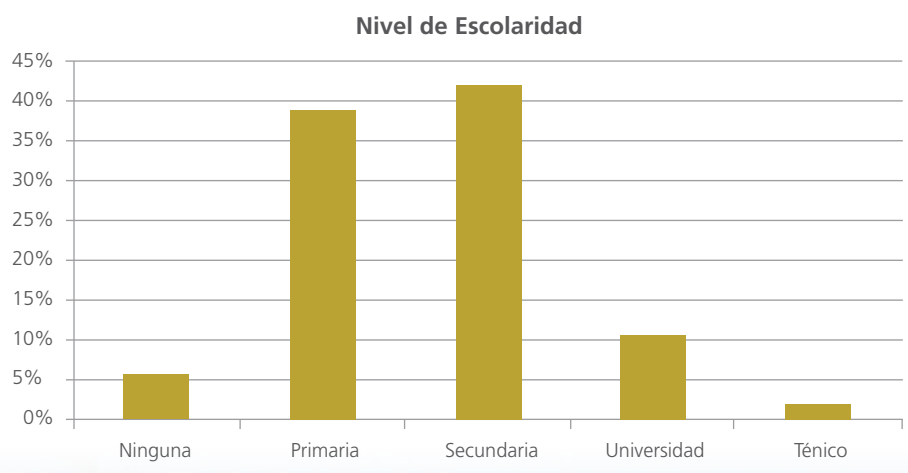
Gráfica 15. Percepción sobre si ha habido contribuciones a la salud de los agricultores



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Se observa que los agricultores que han implementado la labranza convencional no obtienen beneficios en salud, lo que se explica por el mayor trabajo que implica este método de preparación del suelo, y que afecta, directa o indirectamente, en la salud de los agricultores. En contraposición, las demás formas de preparación del suelo sí reflejan alguna contribución para mantener la salud de los trabajadores.

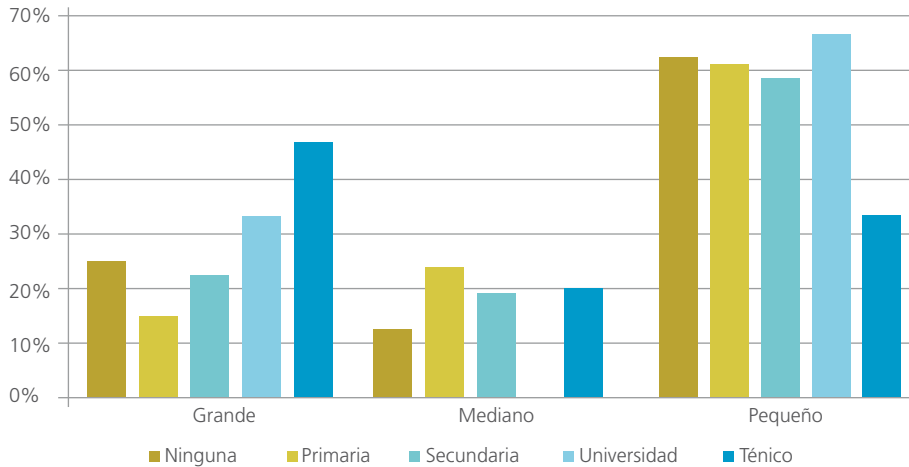
Gráfica 16. Nivel de escolaridad de los productores



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

En el tema de educación, se observa que la mayoría de agricultores (42%) tiene un nivel de estudios secundarios, lo cual se podría considerar como un factor que facilita la adopción. En cuanto a la participación de los productores con nivel universitario o técnico, es del 13%. Por su parte, se observa que únicamente un 6% de los entrevistados no tienen ningún estudio, nivel que se considera relativamente bajo.

Gráfica 17. Nivel de educación por tipo de productor



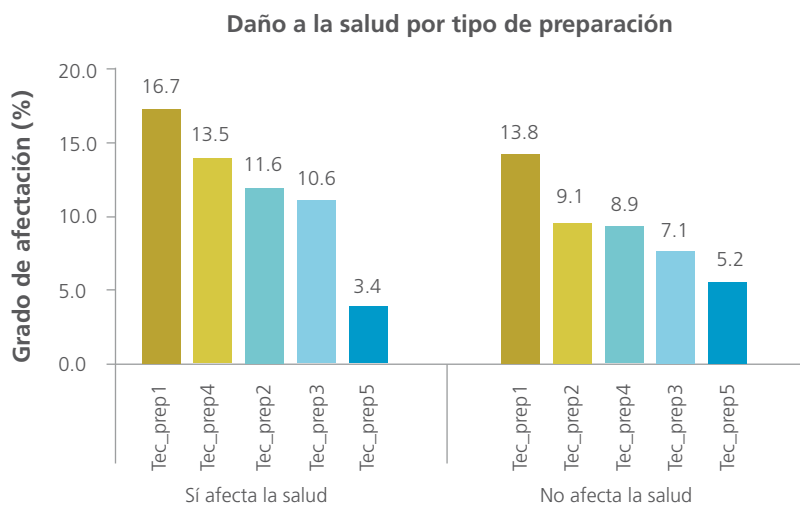
Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

La mayoría de los productores con nivel educativo universitario, tienen extensiones de tierra superiores a 20 hectáreas (47%). De otro lado, en la Gráfica 17 se observa que los productores pequeños son los que tienen menor acceso a la educación, lo cual se evidencia en el hecho de que un 63% de los productores que carecen de ella son pequeños.

La preparación del suelo afecta la salud; en este sentido, el 16,7% de los productores de algodón afirmó que la labranza convencional como forma de preparación del suelo ejerce efectos negativos sobre su salud. Por el contrario, la labranza cero (13,5%) y la preparación de precisión, es la que menos afecta la salud. Sin embargo, el 13,8% de la población dedicada a la producción de algodón consideró que la labranza convencional no afecta la salud humana. Lo anterior muestra los efectos directos e indirectos en el estamento social de los cultivadores de algodón, por cuanto es un factor que incrementa o disminuye la cantidad y frecuencia del empleo rural. El tipo de preparación incide en la economía de los productores; dado que se incurre

en mayores gastos para mantener la buena salud, también afecta la disponibilidad de tiempo de ocupación. En la Gráfica 18 se observa que estas formas de preparación podrían generar contaminación del agua por sedimentos, disminuyendo la calidad de la misma para consumo humano. Igualmente, se incrementan los gases de efecto invernadero al usar combustibles fósiles, lo mismo que la polución del aire que se respira en las áreas de intervención.

Gráfica 18. Afectación de la preparación del suelo sobre la salud humana. Daño en el sistema de producción del algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

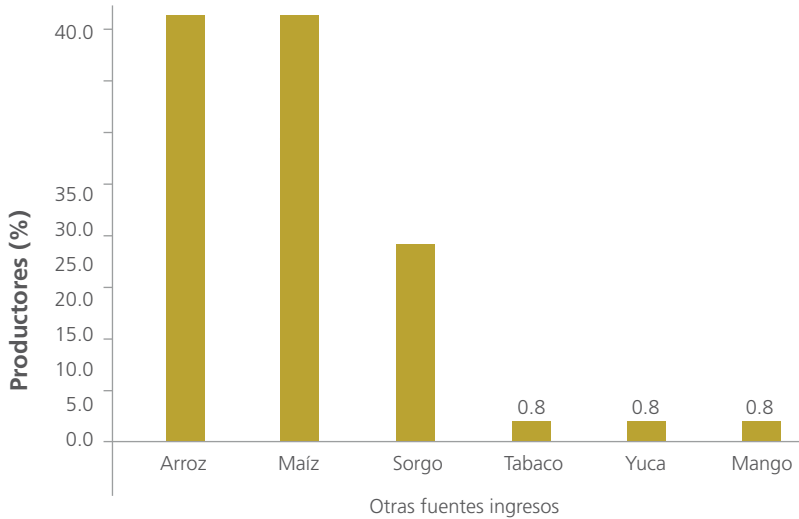


Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Otras fuentes de ingreso de los productores algodoneros en el Valle Cálido del Alto Magdalena

Los algodoneros consideran que existen otras fuentes de ingresos diferentes al cultivo de algodón; así, los cultivos de arroz y maíz aportan el 39,8%, con igual participación, indicando que son las rotaciones preferidas por los productores, seguido por el cultivo de sorgo con el 18%. Este comportamiento se puede observar en la Gráfica 19. Los citados son los cultivos que tradicionalmente han conformado el sistema de producción y que, a su vez, generan el complemento de ingresos de las familias algodoneras.

Gráfica 19. Otras fuentes de ingreso de los productores algodoneros en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

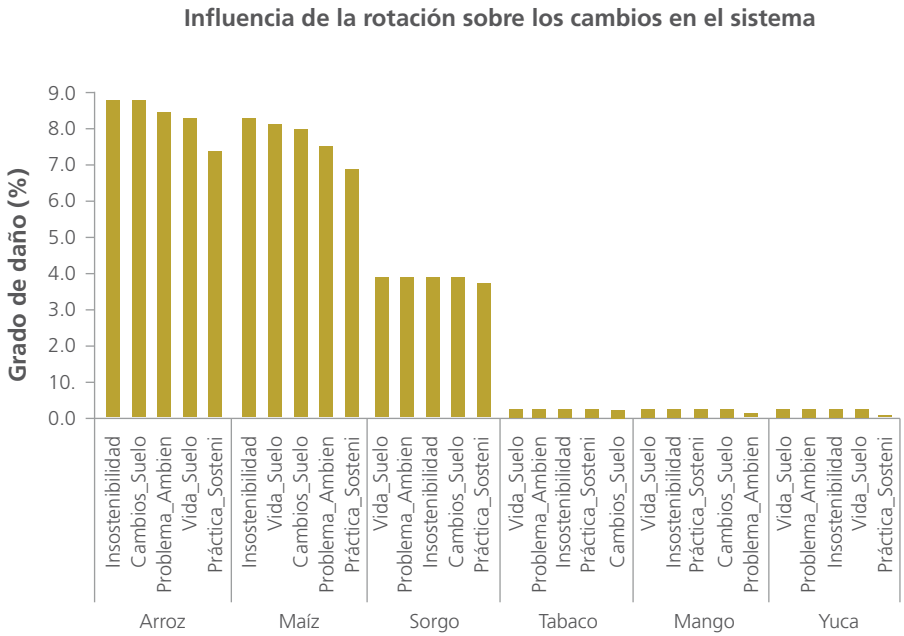


Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Cambios en la sostenibilidad producto de la rotación

Como producto de la rotación se observan cambios en los sistemas productivos de arroz, sorgo y maíz, entre otros. En el caso del arroz, se evidencian cambios en la sostenibilidad, en la estructura misma del suelo, cambios ambientales, y en la vida del suelo; por tal razón, consideran que es una práctica insostenible. Para el caso del maíz, los productores consideran también que genera insostenibilidad, cambios en la vida y estructura del suelo. Manifiestan que, al igual que el arroz, produce efectos negativos para el ambiente, y que por estas razones es considerado como una práctica insostenible. La rotación con sorgo también presenta cambios en el sistema, pero en menor proporción; mientras que al tabaco, mango y yuca se atribuye nulo o muy bajo impacto (Gráfica 20).

Gráfica 20. Influencia de la rotación sobre el daño causado al sistema productivo en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

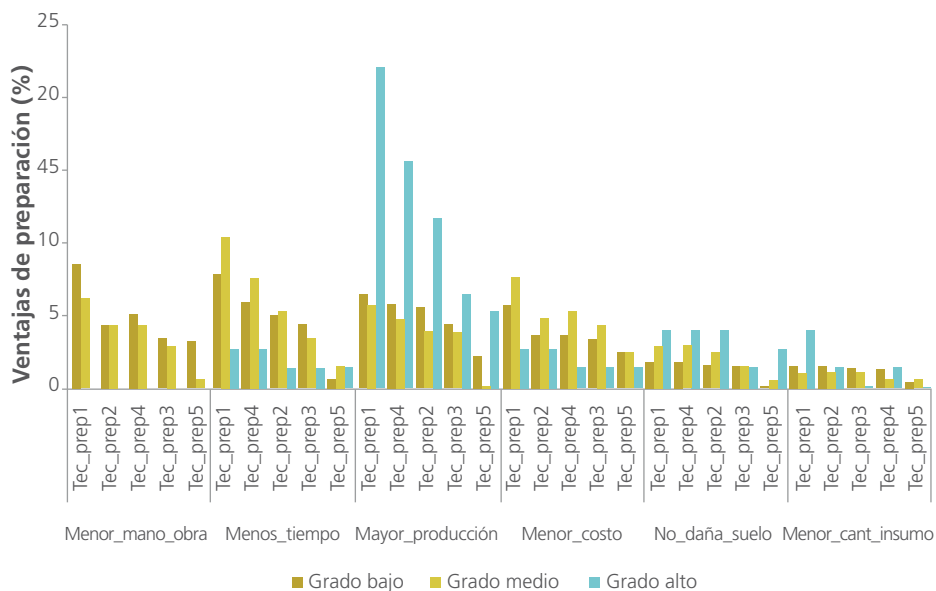


Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Ventajas en el uso de las tecnologías de preparación de suelos

Los productores algodoneiros asumen que los diferentes tipos de preparación presentan diferentes grados de ventajas. La Gráfica 21 muestra que el tipo de preparación de labranza convencional presenta el más alto grado de ventajas para la producción de algodón, seguido por labranza cero, labranza mínima, labranza vertical y labranza de precisión, respectivamente. Mencionan también que, en grado de ventaja medio, usan menor tiempo y menor costo con el mismo orden según los diferentes tipos de labranza.

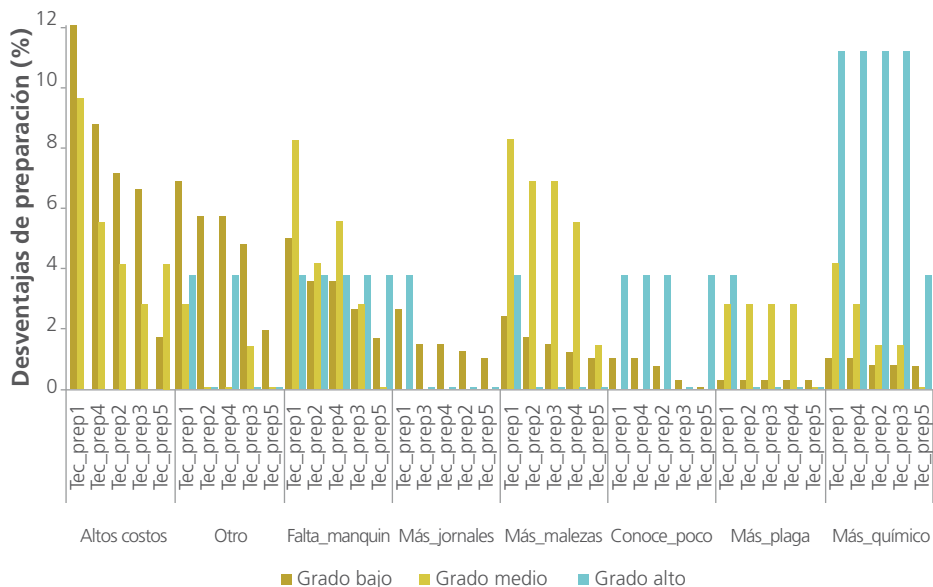
Gráfica 21. Grado de ventajas en el uso de preparación de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Respecto a las desventajas mencionadas por los productores de algodón, encabeza la lista el incremento de uso en agroquímicos en cultivos con preparación de labranza convencional, seguido por la labranza cero, labranza mínima, labranza vertical y labranza de precisión, respectivamente. En grado bajo y medio, están los cultivos con las preparación de labranza convencional, seguido por la labranza cero, labranza mínima, labranza de precisión y labranza vertical, respectivamente. La alta presencia de malezas está asociada al grado medio en orden de preparación para labranza convencional, labranza vertical, labranza mínima, labranza cero y labranza de precisión, respectivamente (Gráfica 22).

Gráfica 22. Grado de desventajas en el uso de preparación de suelos en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012

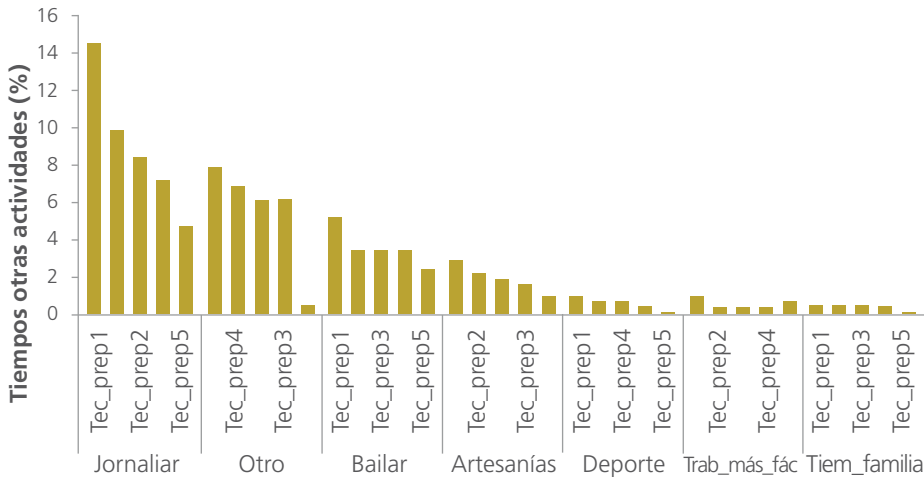


Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Influencia de la preparación de suelos sobre las actividades sociales

En términos de la influencia de la preparación del suelo sobre las actividades sociales, el 14% indica que la actividad de jornalero es la de mayor participación; esta está considerada como una forma de articulación social y de generar vínculos en el escenario laboral. El baile, por su parte, es una actividad social de interés para el 6% de las personas vinculadas a la producción de algodón, mientras la producción de artesanías es de importancia para el 3%, y menos del 2% está considerando el deporte.

Gráfica 23. Influencia de la preparación de suelos sobre las actividades sociales en el Valle Cálido del Alto Magdalena, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo corpoica – madr, 2012

Muy poca importancia se da al hecho de si el trabajo es fácil o no, y el tiempo liberado por el cambio de tecnología dedicado a la familia es considerado, pero con poco interés. Existen circunstancias de tipo social que compete a la tecnología incorporar en los modelos productivos, para que el bienestar que se espera que genere la actividad agropecuaria en el agricultor y su familia vaya más allá de la producción y los ingresos.

7. Evaluación ambiental de la adopción e impacto

A fin de llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental de las tecnologías de manejo suelos y de algodón transgénico en el Valle Cálido del Alto Magdalena, se realizó, en el CI Nataima de CORPOICA un taller con un grupo de personas relacionadas con la producción de algodón de la zona. La metodología que se llevó a cabo durante el taller se basó en el análisis y calificación por consenso de los impactos ambientales de las tres tecnologías a evaluar: labranza cero, labranza de profundidad y algodón transgénico.

A continuación se definen las tecnologías de manejo de suelo que fueron evaluadas; seguidamente, se muestran los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología descrita tanto para las tecnologías de suelo como para el algodón transgénico.

Definición de las tecnologías de suelo a evaluar

En el taller realizado durante el consenso con productores y otros expertos, se evaluó, por separado, el impacto ambiental de cada una de las innovaciones tecnológicas para el manejo de suelos (labranza de cero y labranza de profundidad), frente a la tecnología de labranza convencional usada comúnmente en el área de estudio por los agricultores.

La anterior comparación se realizó para los cultivos de algodón en rotación con cultivos de secano, los cuales corresponden al cultivo de algodón en rotación con los cultivos de maíz y maní, y el cultivo de algodón en rotación con el cultivo de sorgo sembrados en Tolima, Huila y el suroccidente de Cundinamarca, departamentos ubicados en la zona plana del Valle Cálido del Alto Magdalena.

La evaluación de percepción de los productores partió de una situación sin proyecto, que hace referencia a la situación en la que estos utilizan la tecnología convencional para manejo de suelos; frente a una situación con proyecto, en la que los productores hacen uso de alguna de las innovaciones tecnológicas para manejo de suelos. La Tabla 27 describe estas tecnologías:

Tabla 27. Tecnologías evaluadas para el manejo de suelos

Situación	Tecnología	Definición del sistema de labranza	
		Cultivo previo arroz	Cultivo previo Maíz - maní - sorgo
		Riego	Secano
Sin proyecto tecnología convencional	Labranza convencional	3 rastras	2 rastras
		1 pulidor	1 pulidor
		1 nivelada	1 arada
		1 caballoneo	1 caballoneo
Con proyecto innovación tecnológica	Labranza cero	Ninguna	
	Labranza profunda	2 rastras	2 rastras
		1 nivelada caballoneo	1 pulidor caballoneo

Fuente: Taller de evaluación de impacto ambiental realizado por consenso en el ci Nataima de corpoica, con miembros participantes involucrados en el cultivo de algodón.

Reversibilidad

Al evaluar la percepción de los productores frente al impacto ambiental de las tecnologías con proyecto para manejo de suelos, se hizo evidente que el indicador de “reversibilidad” de cada uno de los aspectos evaluados, en cada componente del ambiente, dependía del sistema de propiedad del suelo. Se evidenció del consenso que el tipo de tenencia de la tierra es uno de los factores de mayor importancia explicativa de esta situación, ya que, si la tierra utilizada para realizar el cultivo es arrendada, hay un menor incentivo para invertir en la innovación tecnológica y hacer un uso continuo de la misma, especialmente si esta tecnología está asociada con aspectos de conservación de suelos. Sucede lo contrario en el caso en que el terreno que se cultiva es propio, ya que existen incentivos para continuar utilizando un sistema de labranza conservacionista e invertir en cuidar y mantener los suelos en condiciones favorables para un uso futuro.

La diferenciación entre estas dos situaciones se incluyó en la calificación del ítem “reversibilidad” para cada uno de los aspectos evaluados, y para cada componente del ambiente, del análisis de impacto ambiental descrito en la definición de la metodología, con una calificación de corto plazo para arriendo y de largo plazo para tierra propia en la mayoría de los casos.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se presentan los resultados surgidos de la aplicación de la metodología del impacto ambiental para las tecnologías de suelo (labranza cero y labranza profunda) y de algodón transgénico, para el caso en el que aspecto de reversibilidad es observado en el largo plazo; es decir, cuando la tecnología presenta un uso continuo. No obstante, al presentar los resultados, estos se mostrarán tanto para uso continuo (caso donde la tierra es propia), como para uso no continuo (caso en que la tierra es arrendada), esto con el fin de obtener al final un resultado comparativo de ambas situaciones. En términos generales, cuando se utiliza continuamente la tecnología conservacionista, aumenta el índice de manera significativa. El caso de tierra arrendada tiene índices de impacto positivo mucho menor.

Resultados de evaluación de impacto ambiental para las tecnologías de suelo y para algodón transgénico

Labranza cero en cultivos de algodón y sus sistemas de rotación en secano

Al hacer la evaluación de impacto ambiental de esta tecnología, se debe tener en cuenta que, según la información dada por los asistentes al taller, la adopción de labranza cero es baja en la zona de riego para el algodón en rotación con arroz, pues es necesario labrar el suelo antes de sembrar para aplicar riego por gravedad. La adopción más alta se ha dado en las zonas de secano, cuando se rota algodón con maíz y sorgo o maní. Para labranza cero, la evaluación de impacto ambiental se realizó para la Zona Norte del Valle Cálido del Alto Magdalena.

a. Cambio en el uso de recursos naturales

De acuerdo con el consenso, el uso de labranza cero tuvo en su totalidad un efecto ambiental positivo sobre el cambio en uso de recursos naturales para atmósfera y energía. No hubo impacto sobre la tasa de uso de agua y suelo.

De esta manera, para la atmósfera con uso de labranza cero por parte de los productores, se observó una disminución alta y a nivel de finca de:

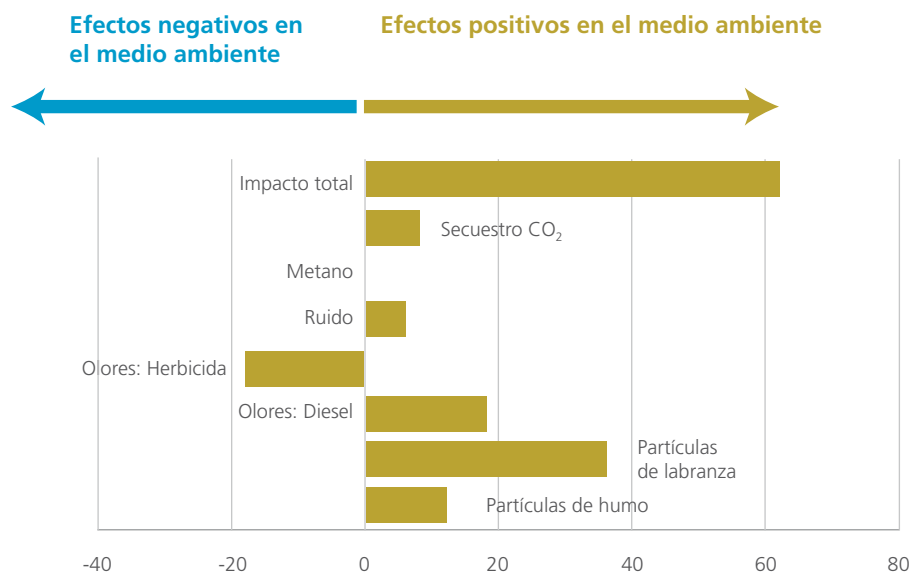
- a. La cantidad de partículas de humo por la disminución en las quemas
- b. La cantidad de partículas de suelo por disminución de la labranza
- c. Los olores producidos por uso de combustibles fósiles (diesel)
- d. El ruido ocasionado por maquinaria

También se observó un efecto positivo de magnitud media en el secuestro de CO_2 , aunque dicho efecto tiene una persistencia temporal. Cuando se presenta un uso continuo de labranza cero, el aumento de secuestro de CO_2 se mantiene en el largo plazo.



También hay que destacar que aunque el impacto percibido de la labranza cero sobre la atmósfera resulta tener a nivel general un efecto positivo grande, también se observó un impacto negativo de magnitud alta sobre la generación de olores por el mayor uso de herbicidas, que tiene una persistencia temporal, pero cuya recuperación se vislumbra solo en el largo plazo. No obstante, el efecto de la permanencia de los olores producidos por herbicidas es fugaz.

Gráfica 24. Impacto ambiental sobre la atmósfera con uso continuo de labranza cero



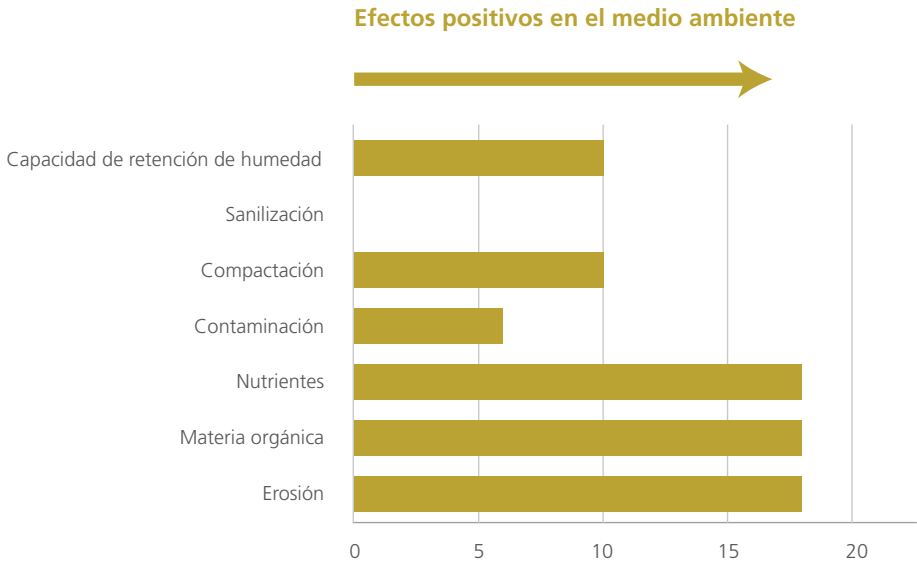
Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en cin de corpoica

Por otro lado, la labranza cero modificó el uso de energía mediante un impacto positivo que se presenta en una reducción alta del uso de uno de los combustibles fósiles (diesel), aunque dicha reducción tiene una persistencia temporal y es reversible en el corto plazo.

b. Cambios en calidad y cantidad de recursos naturales

De acuerdo con el consenso, el uso de labranza cero tuvo un impacto positivo total sobre la calidad de los recursos naturales, reflejado en una mayor capacidad productiva del suelo (Gráfica 25), y aumento en la calidad y cantidad de agua (Gráfica 26). No obstante, los efectos sobre la biodiversidad son negativos (Gráfica 27).

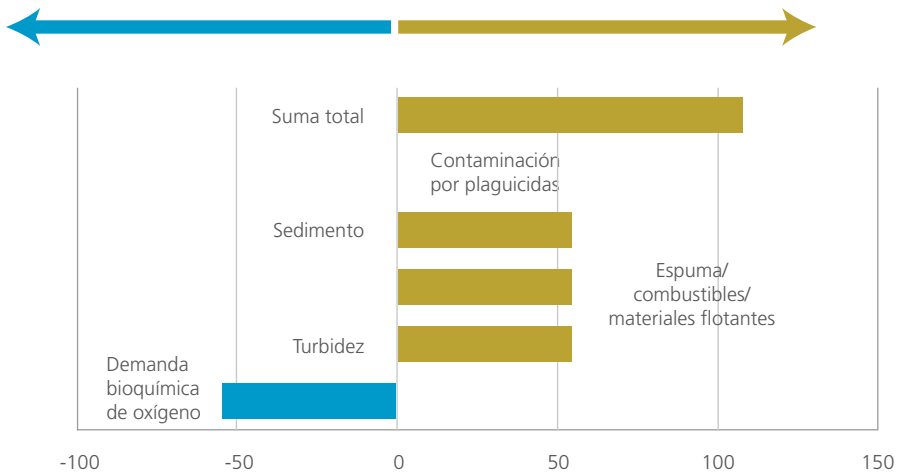
Gráfica 25. Impacto ambiental sobre la capacidad productiva del suelo resultado del uso continuo de labranza cero



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

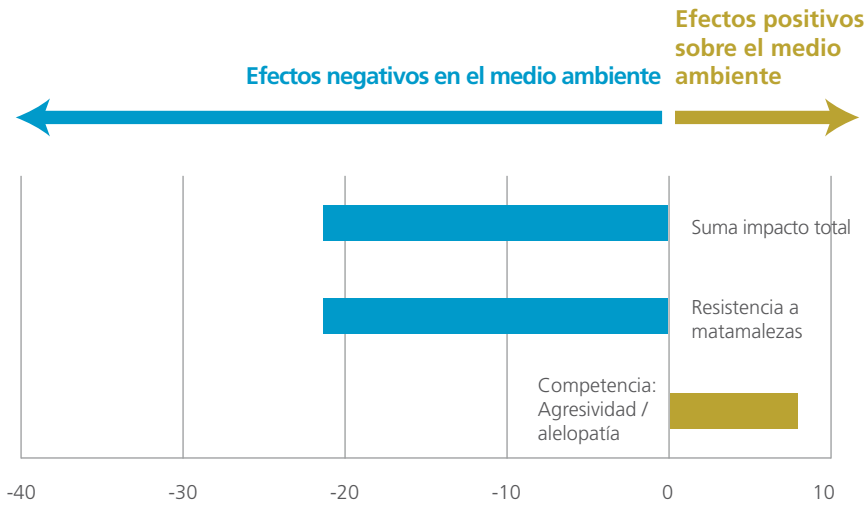
Gráfica 26. Impacto ambiental sobre el agua resultado del uso continuo de labranza cero

Efectos negativos en el medio ambiente **Efectos positivos en el medio ambiente**



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en cin de corpoica

Gráfica 27. Impacto ambiental sobre biodiversidad con uso continuo de labranza cero



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

La capacidad productiva del suelo se beneficia con el uso de la labranza cero, como era de esperarse con esta tecnología. Se observó una disminución alta de la erosión, de la pérdida de materia orgánica y de la pérdida de nutrientes. También, una disminución del nivel de contaminación, pero baja. Así mismo, aunque la persistencia de los efectos positivos mencionados es temporal y a nivel de lote, hay que destacar que con un uso continuo de labranza cero estos efectos serían únicamente reversibles en largo plazo.

También se observó un efecto positivo, aunque de magnitud media-alta, reflejado en una reducción en el nivel de compactación y en el aumento de la capacidad de retención de agua del suelo. Los indicadores de estos efectos positivos son más pequeños, debido a su persistencia temporal y a su reversibilidad en el mediano plazo.

Se observó que la labranza cero tiene altos efectos positivos sobre la calidad y cantidad de agua (Gráfica 26), los cuales se reflejan en la disminución de la turbidez, la espuma/combustibles y materiales flotantes, así como sedimento del agua. También hay que destacar que aunque dichos efectos positivos son persistentes temporalmente, cuando se presenta un uso continuo de labranza cero, solo se revierten en el largo plazo y a nivel de región.

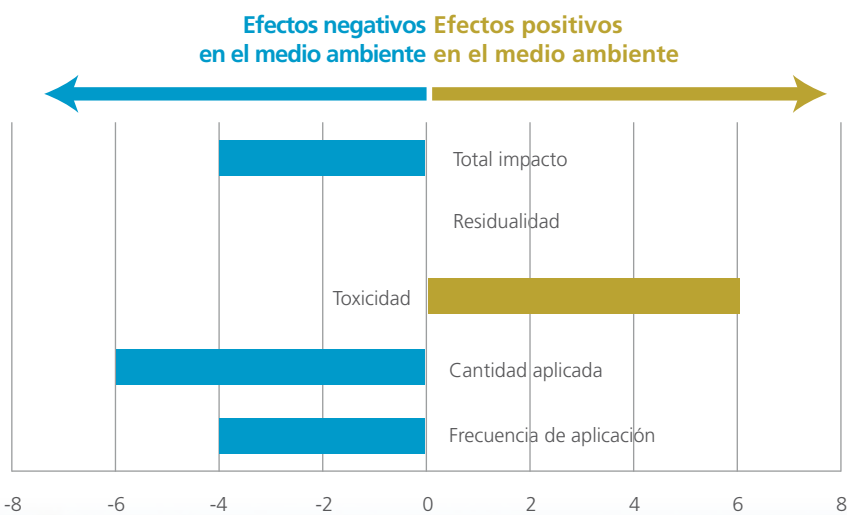
El grupo de trabajo no identificó efectos de la labranza cero sobre la contaminación del agua por plaguicidas. Así mismo, identificó que la labranza cero tiene un alto efecto negativo, aunque de persistencia temporal, sobre la calidad y cantidad de agua, al generar un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno. Este efecto es percibido como grande debido a que solamente es reversible en el largo plazo y su influencia es a nivel de región.

Los efectos de la labranza cero sobre la biodiversidad son negativos a nivel general (Gráfica 27). Esto se explica por un aumento medio alto de la resistencia a los matamalezas, efecto que es permanente e irreversible sobre el medio ambiente. De esta manera, aunque hubo un efecto positivo de nivel medio reflejado en la disminución de la competencia/agresividad/alelopatía, al ser este temporal y reversible en el mediano plazo resultó tener un efecto positivo pequeño que no compensó el negativo.

c. Cambio en el uso de insumos

El cambio en el uso de insumos se encontró como resultado un impacto negativo total que se genera a partir del uso de herbicidas, ya que se observó un aumento de la frecuencia y la cantidad aplicada de este, aunque bajo (Gráfica 28). No obstante, se percibió un impacto positivo, pese a que también bajo, en la disminución de la toxicidad vía herbicidas, el cual es reversible en el largo plazo.

Gráfica 28. Impacto ambiental sobre el cambio en el uso de insumos: herbicidas con labranza cero y uso continuo



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima



d. Recuperación ambiental

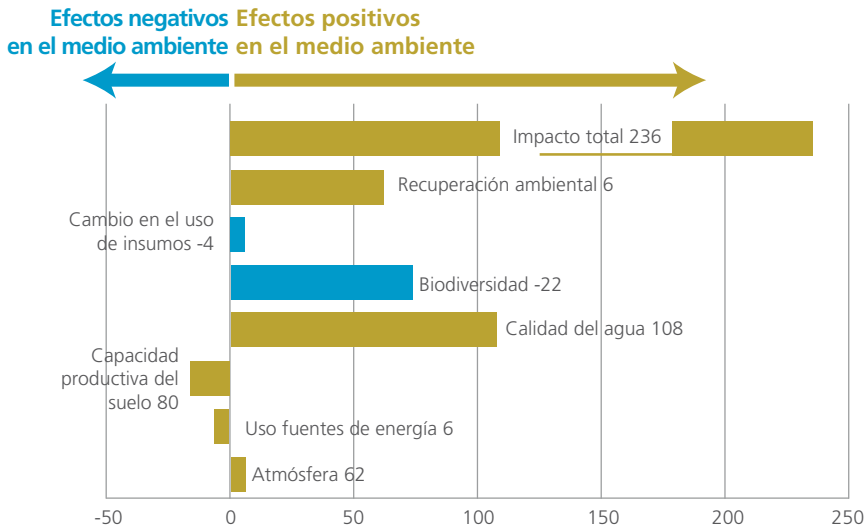
Con un uso continuo de labranza cero, se presenta un efecto positivo al ser efectivo para disminuir los suelos degradados. No obstante, el índice resulta pequeño por la baja magnitud y persistencia de este efecto benéfico.

Resultado general del impacto ambiental de la tecnología labranza cero con continuo uso

De acuerdo con el resultado ambiental de cada componente, se observó que a nivel global hay un muy importante impacto positivo sobre el medio ambiente con uso continuo de la labranza cero, que alcanza a los 236 puntos (Gráfica 29). Este efecto positivo se explica en escala de importancia por la mejora percibida en la calidad y cantidad de recursos naturales, vía aumento de la calidad del agua (108 puntos), así como de la capacidad productiva del suelo (80 puntos), como era de esperarse con este sistema de labranza. El efecto positivo también se explicó por un importante efecto en la mejora del uso de los recursos naturales, principalmente reflejado en la atmósfera (62 puntos); un mejor uso de las fuentes de energía (62 puntos); y, en menor medida, por la recuperación de ecosistemas degradados (6 puntos).

Adicionalmente, los efectos negativos de la tecnología sobre el medio ambiente se explican principalmente por el deterioro de la cantidad y calidad de los recursos naturales vía deterioro de la biodiversidad (-22 puntos), relacionado con el aumento en el uso de insumos, específicamente herbicidas, que afectan la calidad ambiental (-4).

Gráfica 29. Impacto ambiental con labranza cero uso continuo



Fuente: Taller aplicación metodológica de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

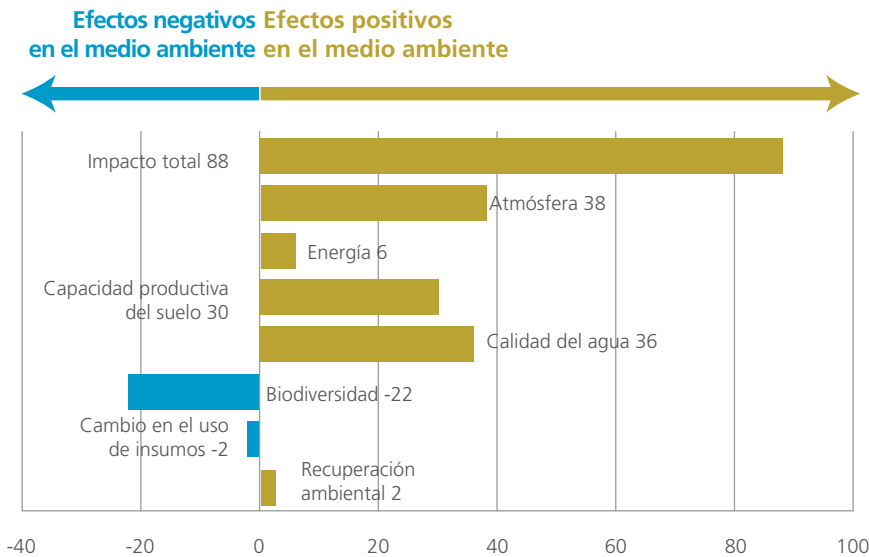
Resultado general del impacto ambiental de la tecnología labranza cero con uso esporádico

Tal como se explicó al inicio del documento, la tenencia del suelo y su influencia sobre el incentivo y capacidad de un arrendatario de utilizar métodos de conservación de suelos, tiene un influencia sobre el criterio reversibilidad, de tal manera que afecta directamente los índices de sostenibilidad de la tecnología disminuyéndolos. Al ser más probable que otro arrendatario modifique el sistema de labranza, se pueden revertir con facilidad los efectos ambientales positivos.

En este caso, el impacto ambiental de la labranza cero es positivo, con 88 puntos. Esto es explicado por su impacto en la atmósfera (38 puntos); capacidad productiva del suelo (30 puntos); calidad del agua (36 puntos); y, en menor grado, energía (6 puntos) y recuperación natural (2 puntos). Este último es bajo dado que un suelo recuperado se puede deteriorar rápidamente con una mala labranza (Gráfica 30).

Los efectos ambientales negativos se derivan del mayor uso de herbicidas (-2 puntos), que afectan la biodiversidad (-22 puntos).

Gráfica 30. Impacto ambiental con labranza cero uso esporádico



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

Labranza Profunda en cultivos de algodón y sus sistemas de rotación en seco

Labranza de profundidad en continuo uso

a. Cambio en el uso de recursos naturales

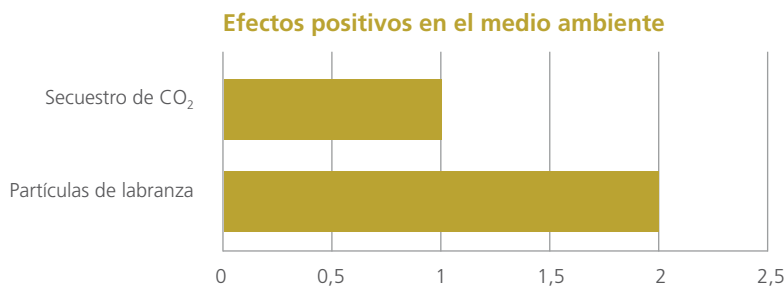
De acuerdo con lo observado por los productores, el impacto sobre el medio ambiente con labranza de profundidad fue positivo, aunque bajo. Este se explica por la

disminución de partículas de suelo, generadas por los sistemas de labranza y secuestro de CO_2 en orden de importancia (Gráfica 31). Tales efectos son pequeños ya que son reversibles en el corto plazo, y ya que su persistencia es temporal para el caso de la disminución de partículas de labranza, y fugaz para el caso de secuestro de CO_2 .

La labranza de profundidad afecta el uso de energía través de la disminución alta de la utilización de uno de los combustibles fósiles (diesel). Sin embargo, dicha disminución es de persistencia temporal y de reversibilidad en el corto plazo.

No hubo impactos de labranza de profundidad sobre la tasa de uso de agua y suelo.

Gráfica 31. Impacto ambiental sobre el uso de recursos naturales-atmósfera resultado del uso continuo de labranza profunda



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

b. Cambios en calidad y cantidad de recursos naturales

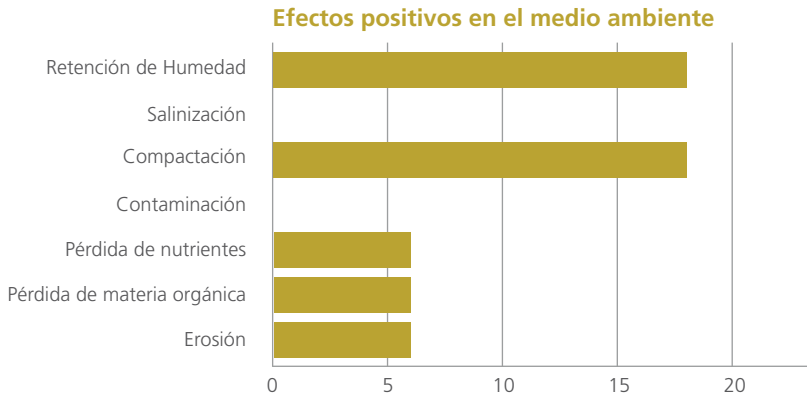
Según lo percibido del consenso, la labranza profunda tuvo un impacto ambiental positivo en relación con la capacidad productiva del suelo, un impacto negativo sobre la biodiversidad, y ningún efecto sobre el cambio en calidad y cantidad de agua.

El impacto positivo total de la labranza profunda sobre la capacidad productiva del suelo (Gráfica 32) se explica en mayor medida por la alta reducción de la compactación del suelo y el alto aumento de la capacidad de retención de humedad de este. Los efectos, aunque son calificados como temporales, si se persiste en el uso adecuado del sistema de labranza, serían reversibles solo en el largo plazo.

El impacto positivo de la labranza profunda también se explica, aunque en una magnitud baja, por la disminución de la erosión, y la pérdida de materia orgánica y

nutrientes del suelo. Aunque estos efectos son pequeños y temporales; con un uso continuo de labranza profunda son reversibles en el largo plazo.

Gráfica 32. Impacto ambiental sobre la capacidad productiva del suelo con uso continuo de labranza cero



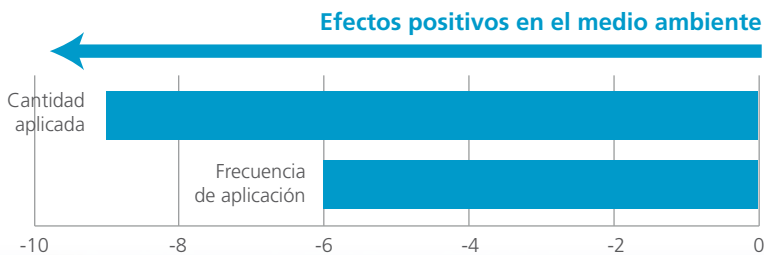
Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

De acuerdo con el consenso, no hay ningún efecto sobre la biodiversidad con un uso continuo de labranza de profundidad.

c. Cambio en el uso de insumos

Acorde con el consenso, la labranza profunda tuvo un impacto negativo total sobre el uso de insumos (Gráfica 33). Este impacto negativo se explica por un aumento bajo de la frecuencia de aplicación de herbicidas, y un aumento medio de su cantidad aplicada. No obstante, aunque dichos aumentos son bajos y de permanencia temporal, hay que tener en cuenta que su reversibilidad se presenta en el largo plazo.

Gráfica 33. Impacto ambiental sobre el uso de insumos: herbicidas con uso continuo de labranza profunda



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

d. Recuperación ambiental

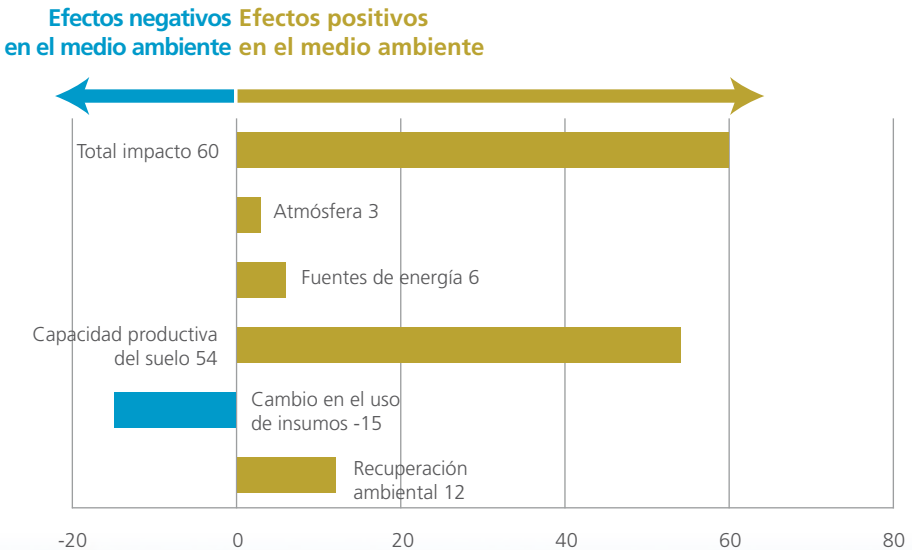
Con un uso continuo de labranza profunda, se percibe una disminución de magnitud media de los suelos degradados, aunque este efecto positivo tiene una persistencia temporal y es reversible en el largo plazo.

Resultado general del impacto ambiental con uso continuo de la labranza profunda

De acuerdo con los resultados a nivel global (Gráfica 34), se percibió un importante efecto positivo, de 60 puntos, sobre el medio ambiente, con una adopción continua de la tecnología de suelos labranza profunda. Este efecto positivo se explica mayormente por la mejora en la calidad y cantidad de recursos naturales vía aumento de la capacidad productiva del suelo (54 puntos). También hay un impacto positivo por hacer factible la recuperación de áreas degradadas (12 puntos), un mejor uso de las fuentes de energía (6 puntos) y una mejora sobre la atmósfera (3 puntos).

La tecnología presenta un efecto negativo de -15 puntos, debido un aumento en el uso de insumos.

Gráfica 34. Impacto ambiental global de la tecnología de suelos con continuo uso de labranza de profundidad



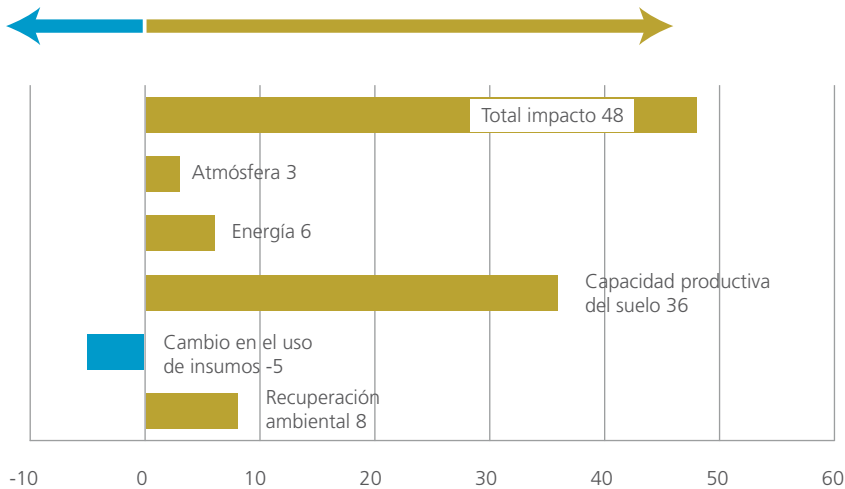
Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

Resultado general del impacto ambiental con labranza de profundidad en uso esporádico

El efecto ambiental de la labranza profunda en el caso en que su uso sea esporádico (no siguiendo la periodicidad de las recomendaciones técnicas) es también positivo con 48 puntos. Los efectos positivos se derivan de su impacto en la capacidad productiva del suelo (36 puntos), de la recuperación de ambientes degradados (8 puntos), de la disminución en el uso de energía (6 puntos) y de la atmósfera (3 puntos). Los efectos negativos se derivan del mayor uso de insumos (-5 puntos) (véase Gráfica 35). En conclusión, aunque se use solamente de manera esporádica, el impacto ambiental de la labranza profunda es positivo.

Gráfica 35. Impacto ambiental global de la tecnología de suelos con uso esporádico de labranza de profundidad

Efectos negativos en el medio ambiente **Efectos positivos** en el medio ambiente



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

Algodón transgénico

Se procedió a evaluar la percepción de los participantes del taller con relación al impacto ambiental del algodón transgénico, frente al algodón convencional.

A continuación se presentan los resultados del consenso con relación a cada uno de los cuatro componentes fundamentales del medio ambiente que, en este caso, se obtuvieron teniendo en cuenta un uso continuo de algodón transgénico.

Se trata de los transgénicos actualmente utilizados y aplicados en la zona y que, por lo tanto, tienen resistencia a insectos y a herbicidas. Las principales variedades OGM sembradas en 2010 fueron NUOPAL RR; FM9I62B2F, FM9O63B2F y DP455 BG/RR.

a. Cambio en el uso de recursos naturales

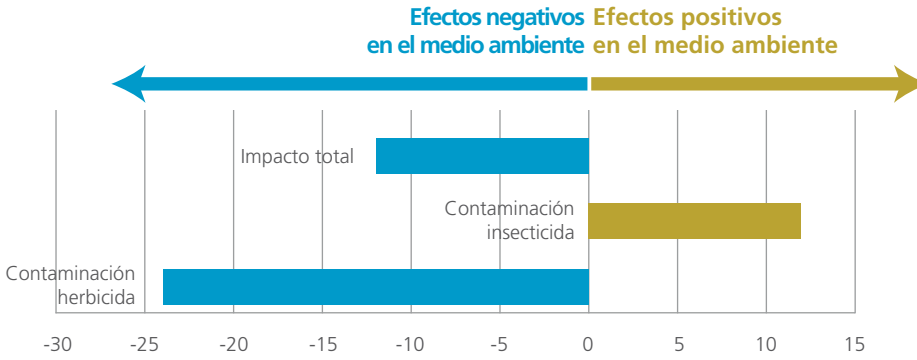
El impacto ambiental del algodón transgénico en el uso de recursos naturales tuvo un alto efecto positivo sobre la disminución de olores que perjudican la atmósfera, aunque este se percibió como un efecto temporal; con un uso continuo, este es reversible en el largo plazo. Con la siembra de algodón transgénico no hubo ningún cambio en el uso de recursos naturales tales como el agua, el suelo y la energía.

b. Cambios en calidad y cantidad de recursos naturales

Con la siembra de algodón transgénico hubo un impacto total negativo sobre la capacidad productiva del suelo (Gráfica 36). Este efecto se explica por un aumento medio de la contaminación con herbicidas a nivel de finca. Aunque hubo un efecto positivo reflejado en la disminución de la contaminación por uso de insecticidas (como era de esperarse con la siembra de algodón transgénico), este efecto es menor debido a que la extensión del mismo se presenta a nivel de lote y no de finca.

Tanto los impactos positivos como negativos sobre la capacidad productiva del suelo son importantes, puesto que si la siembra con algodón transgénico es continua, estos efectos son reversibles solo en el largo plazo.

Gráfica 36. Impacto ambiental sobre la capacidad productiva del suelo con uso de algodón transgénico

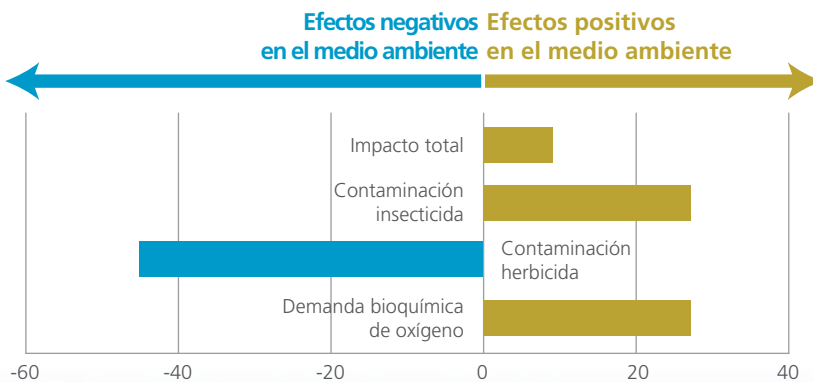


Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

El uso de algodón transgénico tuvo un impacto total positivo sobre la calidad y cantidad de agua (Gráfica 37), explicado por una reducción en la demanda bioquímica de oxígeno de magnitud entre baja y media, y una disminución de la contaminación ocasionada por el uso de insecticidas de magnitud entre baja y media. No obstante, el impacto negativo observado por el aumento de la contaminación del agua, ocasionada por el uso de herbicidas, fue de magnitud medio alta.

Estos efectos tanto positivos como negativos son importantes, ya que su extensión es a nivel región y reversibles en el largo plazo.

Gráfica 37. Impacto ambiental sobre la calidad y cantidad del agua con uso continuo de algodón transgénico

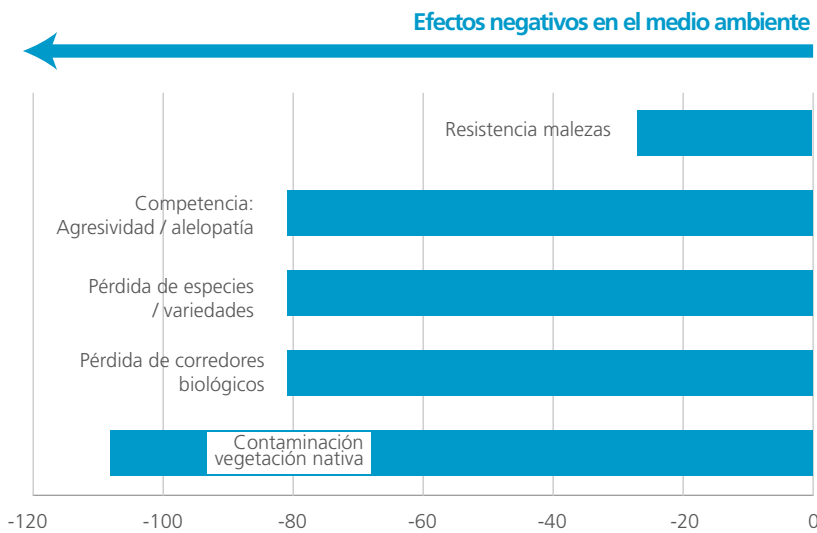


Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

Con un uso continuo de algodón transgénico se percibió un impacto negativo total sobre la biodiversidad del medio ambiente, el cual se presentó en todos sus componentes (Gráfica 38). Hubo, por tanto, un impacto negativo alto en pérdida de corredores biológicos, de especies o variedades; en el aumento de la competencia (agresividad /alelopatía); y en la contaminación de vegetación nativa. Asimismo, se percibió un impacto negativo sobre la resistencia de malezas, aunque este fue de magnitud baja.

En el caso de la biodiversidad, estos efectos negativos son de una mayor importancia debido a que su nivel de extensión se presenta a nivel de finca, con una persistencia permanente y un nivel de reversibilidad a largo plazo. Lo anterior a excepción del efecto negativo ocasionado por un aumento en la contaminación de vegetación nativa, efecto de mayor repercusión que todos los mencionados, debido a que sus consecuencias son irreversibles en el medio ambiente. En este punto jugó un papel fundamental el hecho de que no se respete la legislación sobre refugios y distancias mínimas entre cultivos.

Gráfica 38. Impacto ambiental sobre la biodiversidad con uso continuo de algodón transgénico



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

c. Cambio en el uso de insumos

Durante la realización del consenso llevado a cabo en el taller, se realizó una descripción del cambio en el uso de los insumos (herbicidas, insecticidas y fungicidas),

comparando la tecnología de algodón transgénico con la del convencional. Esta descripción es la base sobre la cual se realiza la evaluación de impacto ambiental para el cambio en el uso de insumos, evidenciado en la Tabla 28.

Tabla 28. Descripción de las tecnologías de producción de algodón semilla ogm y semilla convencional

Percepción de los productores sobre uso de insumos para control de malezas, plagas y enfermedades			
Algodón	Herbicida	Insectidas	Fungicidas
Transgénico	Glifosato	Regent	
Total	10 L	1,5 L (24 aplicaciones)	3-4 aplicaciones
Convencional	Glifosato	Regent	
	Sello		
	*Karmer		
	*Dual		
	*Trifor		
Total	8 L	1,5 L (3 aplicaciones)	Nunca se aplicó

Fuente: Taller de evaluación de impacto ambiental realizado por consenso en el ci Nataima de corpoica con miembros participantes involucrados en el cultivo de algodón.

De acuerdo con el consenso, la cantidad de herbicidas aplicado aumenta para el algodón transgénico, como se muestra en la tabla, que es en total de 10 litros, frente al algodón convencional donde la cantidad aplicada es de 8 litros.

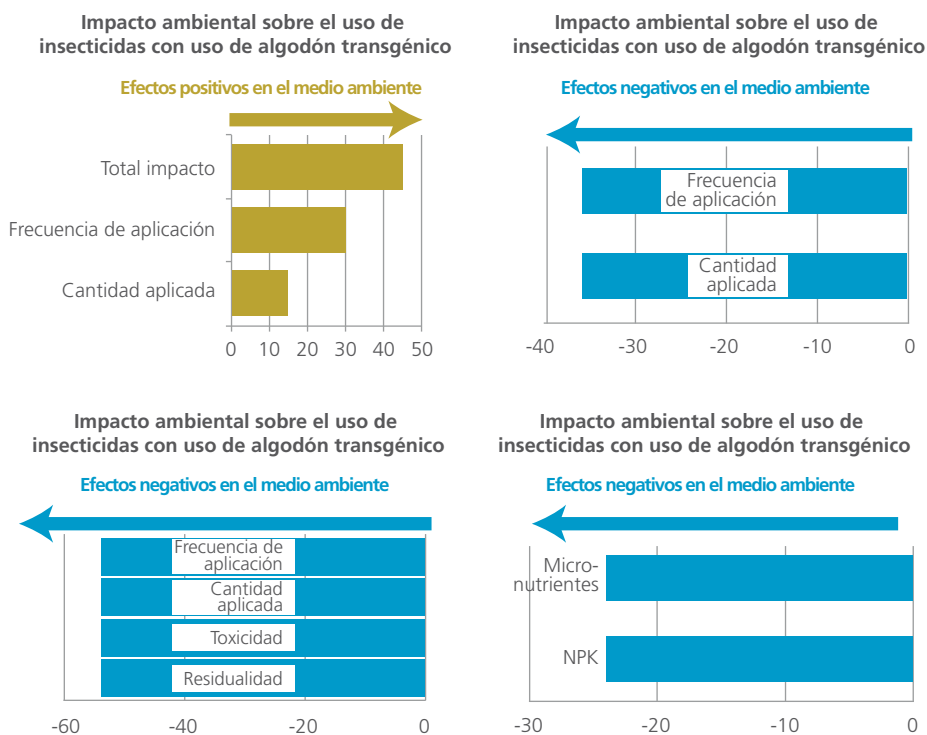
También, como era de esperarse, con algodón transgénico se reduce notablemente el número de aplicaciones con insecticida. Como se puede observar en la tabla, el consenso comunicó que habían pasado de 24 aplicaciones realizadas con algodón convencional, a 3 aplicaciones con transgénico. Asimismo, informaron que la plaga del gusano rosado había desaparecido.

Por otro lado, del consenso se percibió que con algodón transgénico se está aplicando una mayor cantidad de fungicidas debido al aumento y aparición de enfermedades fungosas (tabla 28). Según los productores, esto no sucedía con algodón convencional, ya que con este nunca se tuvo la necesidad de aplicar fungicidas.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del consenso, con un uso continuo de algodón transgénico se percibió un efecto negativo total sobre el cambio de

insumos. Esto se debe al aumento en la utilización de fungicidas, herbicidas y fertilizantes. Dicho aumento se presenta en una magnitud alta para los dos primeros, y en una media para el último. En todos los casos, el efecto negativo es reversible en el largo plazo, con la salvedad de tener una permanencia temporal (Gráfica 39).

Gráfica 39. Cambio en el uso de insumos con el uso de algodón transgénico



Fuente: Taller aplicación metodológica de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

El efecto negativo fue mayor para el uso de fungicidas, debido a que se percibió su aumento a nivel de región y en todos sus componentes; es decir, la frecuencia y la cantidad aplicada, la toxicidad y la residualidad (Gráfica 39). El índice es menor para el aumento del uso de herbicidas, debido a que el efecto se presentó a nivel de finca, y en los componentes de cantidad y frecuencia de aplicación. Asimismo, para el uso de fertilizantes se percibió un aumento a nivel finca, y, en una magnitud media, el uso de NPK y micronutrientes en el suelo.

Resumiendo, se detectó un impacto positivo de la tecnología en el uso de insecticidas, que fue de 45 puntos, sumando las características de frecuencia de aplicación y

cantidad aplicada. No se modificaron las características de toxicidad ni residualidad, pues se continúan utilizando insecticidas para el combate de otros insectos.

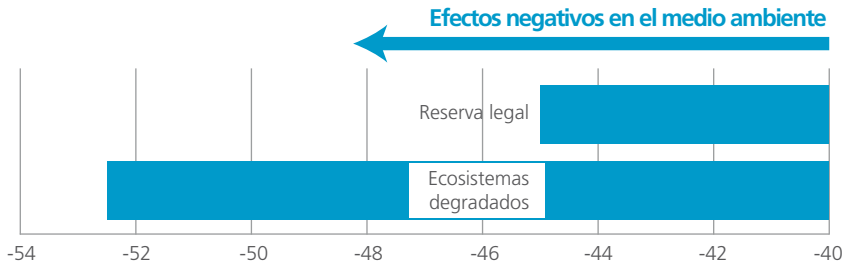
Por su parte, se identificó un incremento en el uso de fungicidas, en los aspectos de frecuencia de aplicación, cantidad aplicada, toxicidad y residualidad, evaluados con magnitudes y extensión máxima, para un total de índice por cada característica de -54 que, sumando las cuatro características, da un valor de -216; muy superior al índice positivo de insecticidas. Igualmente, hubo un impacto negativo por el incremento en el uso de herbicidas de alta magnitud, pero a nivel de finca; esto afectó las características de frecuencia y cantidad de aplicación: el índice de herbicidas asciende a -72 puntos. Finalmente, se percibió un aumento en el uso de NPK y micronutrientes, con menor impacto ambiental, pero con un índice sumado de -48 puntos.

Como resultado, y a pesar de la importante reducción en el uso de insecticidas con el uso del algodón transgénico, hubo un incremento en el uso de fungicidas, herbicidas y fertilizantes que cancelan el efecto de insecticidas y dan como resultado un grave índice en el uso de insumos: de -291.

d. Recuperación ambiental

Con el uso continuo de algodón transgénico se percibió que hubo un impacto negativo total sobre la recuperación del medio ambiente, explicado por un aumento de magnitud media de los ecosistemas degradados, y una disminución de magnitud alta de la reserva legal. Este efecto está nuevamente relacionado con la contaminación de las variedades convencionales con los genes transgénicos. El efecto negativo fue mayor para los ecosistemas degradados porque su extensión se presenta a nivel de región, y en el caso de la reserva legal se presenta a nivel de lote. No obstante, en ambos casos el efecto negativo es de gran importancia debido a que, para el caso de ecosistemas degradados, este tiende a ser irreversible y de persistencia casi permanente; y, para el caso de la reserva legal, este es irreversible y de persistencia permanente (Gráfica 40).

Gráfica 40. Impacto ambiental sobre la recuperación ambiental con uso de algodón transgénico



Fuente: Taller aplicación metodológica de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

Resultado global del impacto ambiental de la adopción de algodón transgénico con continuo uso

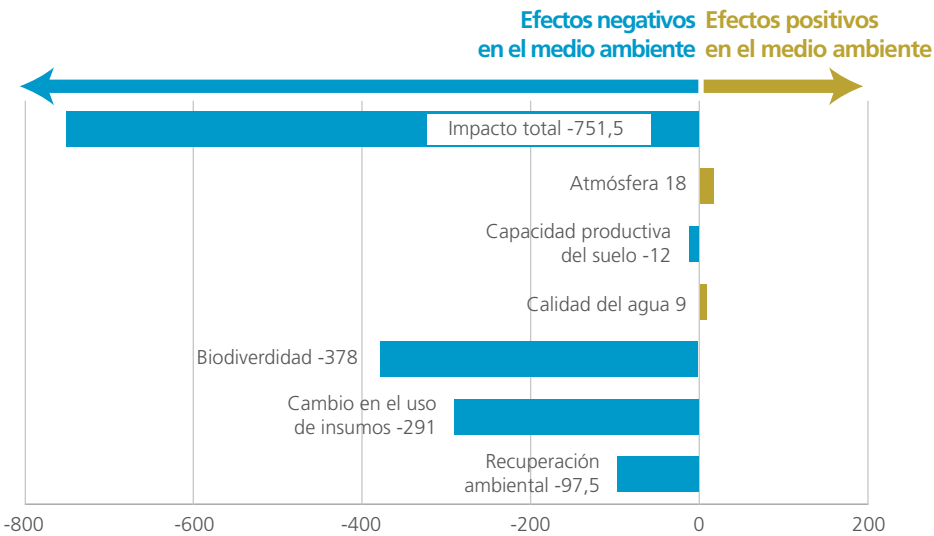
De acuerdo con los resultados de la evaluación de impacto ambiental, el resultado agregado del algodón OGM es fuertemente negativo, de -751.5 puntos. En este resultado juega un papel principal la contaminación, que se ha dado por el incumplimiento de los productores en la normativa de zonas de refugio y distancias mínimas de siembra, que han afectado la biodiversidad y la conservación de áreas de reserva, en particular por la siembra de algodón OGM en zonas de reserva indígena. Esto afecta el componente calidad y cantidad de recursos naturales vía deterioro de la biodiversidad (-378 puntos), y el componente de recuperación ambiental (-97,5 puntos).

De manera sorprendente, el uso de insumos tiene un índice fuertemente negativo (de -291 puntos), pues aunque hay una disminución muy importante en el uso de insecticidas, los que se continúan usando para otras plagas no modificaron ni la residualidad ni la toxicidad. En contraposición, hay incremento en el uso de fungicidas (cantidad, frecuencia, toxicidad y residualidad) y herbicidas (cantidad y frecuencia). Igualmente, aumenta el uso de fertilizantes, con un resultado final fuertemente negativo.

Por último, aunque con un efecto negativo mucho más bajo, se afectó el componente calidad y cantidad de recursos naturales vía disminución de la capacidad productiva del suelo.

Los efectos positivos son pequeños y hacen parte del componente calidad y cantidad de recursos naturales vía aumento de la calidad del agua, y del componente uso de recursos naturales vía mejora sobre la atmósfera por disminución de aspersiones por avión (Gráfica 41).

Gráfica 41. Impacto ambiental global de la adopción de algodón transgénico



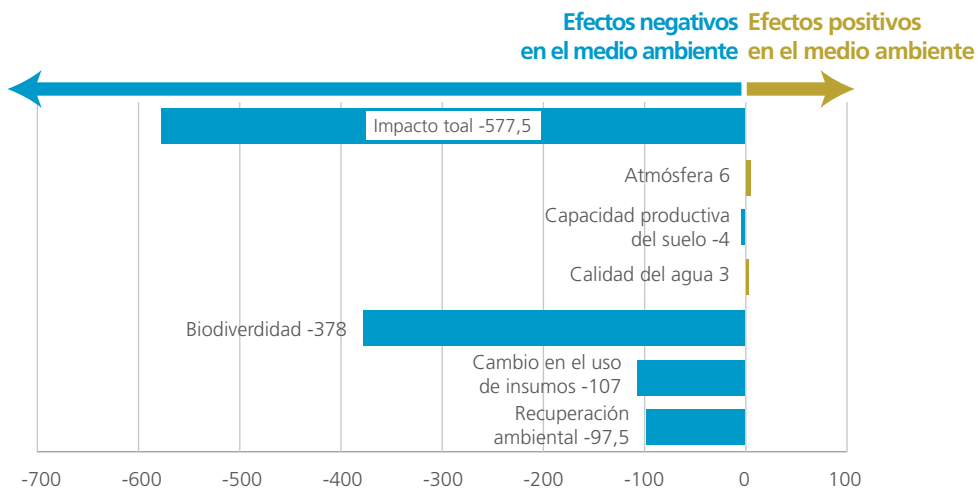
Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima

- a. Resultado global del impacto ambiental de la adopción cultivos genéticamente modificados con uso esporádico

Se preguntó cuál sería el efecto de los cultivos transgénicos de algodón cuando, posteriormente, se usara una semilla convencional. En este caso, se consideró que el uso del OGM había acabado con la plaga del gusano rosado, y que los efectos positivos sobre el uso de insecticidas permanecerían. Esta consideración afecta la posibilidad de revertir los efectos positivos o negativos de la tecnología.

El cultivo de algodón transgénico, si se reversara su utilización en el futuro, sería negativo, con -577,5 puntos (Gráfica 42). El principal cambio se deriva del uso de insumos, ya que los cultivos convencionales no requieren aspersiones contra fungicidas. Factores como la afectación de la biodiversidad y la afectación de áreas de reserva indígena, no son reversibles y continúan igual.

Gráfica 42. Impacto ambiental global de la adopción de algodón transgénico con uso esporádico



Fuente: Taller aplicación metodología de impacto ambiental con miembros del consenso en ci Nataima





CONCLUSIONES



La evaluación de impacto ambiental se realizó con base a la metodología propuesta por la Oficina de Planeación de CORPOICA, Esta metodología se basó en la valoración y calificación por consenso de las tecnologías a evaluar: labranza cero, labranza profunda y algodón transgénico, a través de un taller desarrollado en el CI Nataima, de CORPOICA, localizado en El Espinal, Tolima.

De acuerdo con el consenso, el factor propiedad de la tierra es fundamental en la decisión de continuar utilizando una tecnología. De esta manera, cuando la tierra es propia, hay mayores incentivos para invertir en una tecnología que conserve la tierra y permita la obtención de un mejor rendimiento a futuro del suelo. Sucede lo contrario si la tierra es arrendada, ya que este hecho genera menos incentivos para invertir en dicha tecnología, por lo que la adopción de la tecnología no será continua. Esta condición social influye de manera muy importante en el resultado final de impacto ambiental, ya que los impactos positivos de la tecnología continúan en el largo plazo, cuando el propietario tiene la capacidad de captar los beneficios de la conservación de suelos. En contraposición, cuando se trata de tierra en arriendo, los arrendatarios no tienen incentivos para invertir en conservación, y estos resultados positivos posiblemente se reversarán en el corto o mediano plazo.

La labranza cero tiene un importante efecto positivo en el ambiente: sus aportes a la calidad del suelo, a la recuperación de áreas degradadas, a la calidad del agua y la atmósfera, son muy superiores a los deterioros ambientales ocasionados por el

incremento en el uso de herbicidas, que afecta los indicadores de uso de insumos y biodiversidad. Como era de esperarse, el impacto es mucho mayor para el caso en que la labranza se usa de manera continua (236 puntos), que cuando se utiliza de manera ocasional (88 puntos). Cuando se deja de utilizar labranza cero, fácilmente se revierten los efectos positivos sobre la calidad del agua, la capacidad productiva del suelo y la atmósfera.

La labranza vertical, recomendada en los casos en que exista compactación de suelos, muestra asimismo un balance positivo en su impacto ambiental (60 en el caso de uso continuo y 48 en uso no continuo). Al igual que en el caso anterior, los efectos positivos en el medio ambiente se derivan de su capacidad de mejorar las condiciones de calidad del suelo, de las aguas, y de su posibilidad de recuperar áreas degradadas. Las diferencias en reversión de efectos ambientales, se presentó de manera significativa en cambios en calidad del suelo.

El uso de material OGM en las siembras de algodón tiene un efecto ambiental negativo muy grande, de -751,5 con uso continuo, y de - 577,5 con cesación del uso. En estos resultados fue determinante el efecto sobre biodiversidad.

Hubo impacto negativo alto en pérdida de corredores biológicos, de especies o variedades; en el aumento de la competencia (agresividad /alelopatía); y en la contaminación de vegetación nativa. Este índice no se puede revertir con la suspensión del uso de transgénico.

El uso de insumos muestra un índice de impacto ambiental negativo también muy alto. A pesar de la alta disminución en el uso de insecticidas, se incrementa el uso de herbicidas y fungicidas con un resultado final negativo. Este aspecto se puede revertir si se suspende el uso de material OGM; el índice de -291 con transgénico baja a -107.

CONCLUSIONES GENERALES



En resumen, se lograron identificar las tecnologías de manejo de suelos de mayor adopción en la región del Valle Cálido del Alto Magdalena, siendo la labranza mínima la de mayor adopción. Este manejo de suelo se caracteriza por realizarse con un menor número de pases de maquinaria, procurando no destruir las condiciones mínimas aceptables, con un nivel de adopción del 13% en 2011. Adicionalmente, se observó que hubo un auge en la adopción a partir del año 2000.

Los productores se muestran renuentes a adoptar cuando ya disponen de maquinaria o las herramientas necesarias para labrar la tierra de manera convencional. Pero los agricultores están más dispuestos a adoptar, debido a que observan menos incidencia de malezas al implementar la labranza cero y mínima, aunque es de mayor impacto el primer factor mencionado.

Se observó que la gran mayoría (más de 95%) conoce la labranza convencional, y es la que más se implementa en la zona, seguida de la labranza mínima y cero. Se puede concluir que los productores de algodón conocen las tecnologías, pero no las adoptan (78,2%), por factores culturales como resistencia al cambio y aversión al riesgo, principalmente.

De las variables que se usaron para explicar la probabilidad de adopción, las más importantes son 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 tanto, a juicio de estos, la labranza convencional ocasiona una menor presencia de malezas y, por ende, mayores rendimientos en el cultivo. Por otra parte, en algunos casos no adoptan la tecnología por no disponer de maquinaria, constituyéndose este en un factor exógeno a la misma, pero que inhibe la adopción.

Un hecho importante a destacar en las decisiones de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos, es el tipo de tenencia; se demostró que los agricultores usan más las prácticas de manejo sostenible como la labranza mínima cuando son propietarios, que cuando trabajan en tierras arrendadas.

La posibilidad de retención de agua en el suelo es un factor que, a juicio de los agricultores, incide en la adopción de tecnologías de manejo de suelos, especialmente con labranza profunda y mínima; perciben que hay mayor probabilidad de retención de agua, y por esta razón adoptan tales tecnologías.

Por otro lado, los agricultores aplican la forma de preparación de suelo que han conocido al interior del núcleo familiar (54,3%), seguido por los asistentes técnicos y las agremiaciones. Los agricultores revelaron que han aprendido por medio de demostraciones, por lo que se puede intuir que han aprendido viendo a familiares o asistentes técnicos preparar el suelo.

Del análisis económico se logró inferir que la labranza mínima y cero, como era de esperar, posee costos más bajos; un 4,4% en promedio menos que la labranza convencional, haciéndola más rentable. La labranza vertical, por otro lado, es más costosa; en promedio \$244.909 más por hectárea, pero resulta más productiva en términos de tonelada de fibra por hectárea, dando un 34%, resultando rentable. En conclusión, la adopción de tecnologías es rentable financieramente para los productores de algodón del Valle Cálido del Alto Magdalena.

En términos sociales, se encontraron resultados favorables, debido a que la adopción genera más tiempo libre que es dedicado a la familia, pero existe un problema de exclusión social de género. En resumen, la adopción trae grandes ventajas a la sociedad, tanto a corto como a largo plazo, al generar más tiempo para la familia.

RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO



Es importante revisar las estrategias de transferencia de tecnología, por cuanto se ve un papel escaso de CORPOICA en la difusión de estas. Igualmente, se debe enfatizar más en metodologías de investigación participativa para aumentar las tasas de adopción.

Se recomienda fomentar más el uso de las tecnologías de labranza de conservación y nuevas tecnologías en manejo de suelos, debido a las bajas tasas de adopción. El objetivo se puede lograr mediante divulgación de información sobre las ventajas que han revelado los productores que las han adoptado, como por ejemplo el que hecho de que hay menor incidencia de malezas al implementar labranzas mínima o cero, o que hay mayor producción con labranza vertical. Otra recomendación es incentivar la creación de grupos de productores al momento de renovar equipo y maquinaria necesaria en las labranzas de conservación.

Se hace necesario involucrar a los asistentes técnicos desde la generación de la tecnología, por tratarse de ser el actor que toma las decisiones de uso de estas, como quedó demostrado en los resultados de la encuestas.



BIBLIOGRAFÍA



AAEA Task Force on Commodity Costs and Returns. (2000). *Commodity Costs and Returns Estimation Handbook*. Report. Ames, Iowa, 540.

Al-Kaisi, Mahdi. (2008). *Soil Erosion, Crop Productivity and Cultural Practices*. Iowa State University.

Baquero Haerberlin, I.B. y Hernández, C. (1998). Cuentas ambientales del suelo. Ponencia Estado del arte en investigación sobre instrumentos económicos para la conservación de recursos naturales. En evento: *Estado del arte en investigación sobre instrumentos económicos para la conservación de recursos naturales*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de Políticas de Desarrollo.

Baquero Haerberlin, I.B. y Ramírez Gómez, M. (2005). Ponencia Indicadores de impacto ambiental. Plan de investigación de soya. *Memorias Seminario Taller Impacto de la tecnología*. Colombia.

Baquero Haerberlin, I.B. (1992). Una metodología para estimar el costo *in situ* de la erosión. *Cuadernos de Agroindustria y Economía Rural*, 31(2): 41-55.

Bravo-Ureta, B.; Solis, D.; Cocchi, H. y Quiroga, R. (2006). The impact of soil conservation and output diversification on farm income in Central American hillside farming. *Agricultural Economics*, 35: 267-276.

- Castro Franco, Hugo E. (1996). *Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena*. ISBN:958-9460-00-3. Produmedios.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT. (1993). *La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas*. México D.F.: CIMMYT.
- Céspedes, L. (2005). *Evaluación cualitativa de la adopción de tecnología básica de manejo silvícola por pequeños propietarios de la comuna de Coyhaique, XI región de Aysén*. Tesis Ing. Forestal. Santiago, CL. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. 125 p.
- Christensen, L.A. y McElyea, D.E. (1988). Toward a general method of estimating productivity-soil depth response relationships. *Journal of Soil and Water Conservation*, 43(2): 199-202.
- Comité Consultivo Internacional del Algodón. (2009). En: http://www.icac.org/Meetings/plenary/64_liverpool/documents/spanish/e_statemen.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. (1998). *Plan de investigaciones en algodón*. Elaborado por Jorge Cadena Torres, Gerente del Plan. Documento Interno Sin Publicar.
- Falck Zepeda, J. (2011). *Análisis de impacto socioeconómico*, IFPRI. Aspectos socioeconómicos y la bioseguridad.
- Falck Zepeda, J.; Barreto-Triana, N.; Baquero-Haeblerlin, I.B.; Espitia-Malagón, E.; Fierro-Guzmán, H. y López, N. (2006). *An Exploration of the Potential Benefits of Integrated Pest Management Systems and the Use of Insect Resistant Potatoes to Control the Guatemalan Tuber Moth (Tecia solanivora Povolny)*. *Ventaquemada*. Columbia International Food Policy Research Institute IFPRI. EPT Discussion Paper 152.
- Gittinger, J. P. (1982). *Economic Analysis of Agricultural Projects*. (2nd ed.), Johns Hopkins University Press Baltimore and London.
- Khakbazan, M.; Hamilton, C.; Moulin, A.; Belcher, K.; Mohr, R.; Volkmar, K. y Tomasiewicz, D. (2009). Modeling economic and agro-environmental dynamics of potato production systems. *Journal of Bioeconomics*, 11(1): 65-93.

- Kassie, M.; Pender, J.; Yesuf, M.; Kohlin, G.; Bluffstone, R. y Mulugeta, E. (2008). Estimating returns to soil conservation adoption in the northern Ethiopian highlands. *Agricultural Economics*, 38: 213–232.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation and Development*, 12: 519–539.
- Louhichi, K.; Flichman, G.; Boisson, J.M (2010). Bio-economic modelling of soil erosion externalities and policy options. a Tunisian case study. *Journal Bioecon*, 12: 145–167.
- Jones, G.E. (1967). The adoption and diffusion of agricultural practices. *World Agricultural Economics and Rural Sociology Annals*, 9(3): 1–29.
- Madala, G. (1996). *Introducción a la econometría*. (2. ed.). México: Prentice-Hall.
- McFadden, D. (1973). Conditional logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in Econometrics*. Nueva York: Academic Press.
- Nájjar Rodríguez, P. (2004). *Manual para la Evaluación de Impacto Ambiental de la Investigación*. Mosquera, Cundinamarca: CORPOICA. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos.
- Nagavalli Ma, K.P.; Wani, S.P.; Suryanarayana Reddy, M y Pathak, P. (2005). Effect of landforma and soil depth on productivity of soybean- based cropping systems and erosion losses in Vertic Inceptisols. *Indian Journal of Soil Conservation*, 33(2): 132–136.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2012). *Guía para el desarrollo de asociaciones intergrupales*. En: <http://www.fao.org/DO-CREP/003/X9121S/x9121s02.htm#TopOfPage>. Consulta: marzo de 2012.
- Perrin, R. y Winkelmann, D. (1976) Impediments to technological Progress on Small Versus Large Farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 58: 888–894.
- Pindyck, R. y Rubinfeld, D. (2001). *Econometría: Modelos y pronósticos*. (4 ed.). México: McGraw Hill. Polése.

Puentes, F y Ramírez, J. (2004). *Evaluación de impacto ambiental del plan de inversión de soya en el Valle del Cauca*. Informe final CORPOICA.

Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations*. New York.

Sagastume, M.O. y Martínez, M. (2006). *Guía para elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua*. Norman (coord.). Tegucigalpa: Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central PASOLAC / (Litografía López).

Saín, O. (1997). Tite Economic Returns to Institutional Innovations in National Agricultural Research: On-Farm Research in IDIAP, Panamá. *Documento de trabajo del Programa de Economía del CIMMYT No. 04/83*. México, D.F.: CIMMYT.

Siles. (2004). El uso de las tecnologías en una sociedad. Escuela de la comunicación colectiva. San José de Costa Rica. *Revista Reflexiones*.

Ramírez A., J. (2001). *Simulación de la escorrentía, pérdida de suelo y productividad de cultivos para la zona del distrito de riego triángulo del Tolima*. CORPOICA. Proyecto cuentas ambientales del suelo. Informe interno.

Rivas, L.; García, J.; Seré, C.; Jarvis, L. S. y Sanint, L.R. (1991). *Modelo de Excedentes Económicos*. CIAT.

Williams, J. R.; Jones, C.A. y Dyke, P.T. (1984). A Modeling Approach to Determining the Relationship Between Erosion and Soil Productivity. *Transactions of the ASABE: 27(1)*. American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Zambrano, P.; Fonseca, L.A.; Cardona, I. y Magalhaes, E. (2009). The socio-economic impact of transgenic cotton in Colombia. Explorations in Environmental Economics. *Biotechnology and agricultural development: Transgenic cotton, rural institutions and resource-poor farmers*. Robert Tripp (Ed.). Chapter 8: 168-199. London: Routledge.

Terminó de imprimirse
en julio de 2012 en



Tel: 8937710 / 19 / 39
Bogotá, DC, Colombia