

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Election of farmers in the adoption of soil management technologies in cotton production system and crop rotation in the warm Alto Magdalena valley

Elección de los agricultores en la adopción de tecnologías de manejo de suelos en el sistema de producción de algodón y sus cultivos de rotación en el valle cálido del Alto Magdalena

Antonio M. Martínez R.¹, Julián D. Gómez¹

ABSTRACT

Agricultural research institutions have created technologies that aim to present alternative solutions to the constraints of agricultural production through the generation of products and processes. However, in most cases, the adoption and impact of technology are unknown, presenting a constraint to the development of successful policies and technologies. This study analyzed the decision-making for soil management technologies generated by Corpoica in the warm valley region of the Alto Magdalena. A Logit model was formulated for determining the probability of adopting the technologies. This study illustrates that conventional tillage technologies, which contribute to a lower incidence of weeds, and the availability of machinery most likely explain increased adoption; in addition, the land is an important factor in explaining adoption, with an increased use of sustainable technologies when the farmer is the owner.

Keywords: adoption, technologies, land use, crop rotation

RESUMEN

Las instituciones de investigación agrícola han generado tecnologías que tienen como objetivo 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 se desconoce la información sobre la adopción y el impacto de las tecnologías, siendo esto una limitante para el desarrollo de políticas y tecnologías más exitosas. El trabajo tiene como objetivo analizar las decisiones de adopción de tecnologías de manejo de suelos generadas por Corpoica en la región de valle cálido del Alto Magdalena. Se formuló un modelo Logit que permite determinar la probabilidad de adoptar las tecnologías. El trabajo permite concluir que las tecnologías de labranza convencional las cuales contribuyen a una menor incidencia de malezas y la disponibilidad de maquinaria son las que más explican la probabilidad de aumento de la adopción, igualmente la tenencia de la tierra es un factor importante en la explicación de la adopción, notándose una mayor utilización de las tecnologías sostenibles cuando el agricultor es propietario.

Palabras clave: adopción, tecnologías, uso del suelos, cultivos de rotación

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta información acerca de los factores que explican la adopción de tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón en la región del valle cálido del Alto Magdalena, esta información es útil para retroalimentar los procesos de investigación, desarrollo tecnológico, transferencia de tecnología e innovación y planificar futuros desarrollos tecnológicos que garanticen el éxito de la labor investigativa.

El documento presenta los resultados del análisis de causalidad de la adopción de tecnologías de manejo de suelos: labranza convencional, labranza cero, labranza

Fecha de recepción: 21/02/2012
Fecha de aceptación: 03/04/2012

¹ Centro de Investigación Tibaitatá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. Mosquera (Colombia). antoniomarti40@hotmail.com

profunda y labranza mínima, en el sistema de producción en el cultivo de algodón y sus cultivos de rotación en el valle cálido del Alto Magdalena, mediante el uso del modelo logit que permite determinar los principales factores que explican la probabilidad de los agricultores adoptar tecnologías de manejo de suelos.

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 y dentro del cual 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 dio a conocer y usar las tecnologías de manejo del suelo integradas por prácticas conservacionistas, mejoramiento del ambiente edáfico, aumento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y de la micro y macro fauna, materia orgánica, capacidad de retención de agua de los suelos, baja en el uso de maquinaria, reducción de la erosión y una disminución 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, existiendo estas recomendaciones tecnológicas, no se tiene una información que indique el estado de adopción de las mismas, ni de las razones para la permanencia o deserción de la tecnología por parte de los agricultores. Tampoco se han evaluado los impactos sociales, económicos y ambientales de estas tecnologías, tanto, en la unidad productiva como a nivel regional.

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, con una superficie de cultivo de 34 millones de hectáreas. Colombia participa con el 0,14% de la producción mundial, con cerca de 35.000 t de fibra/año. No obstante, ocupa el puesto 14 por productividad, con un rendimiento promedio de 775 kg/ha de fibra, el cual es un 4,1% superior al promedio mundial (CCIA, ICAC, 2011).

El valle cálido del Alto Magdalena, en su parte plana comprende los departamentos de Tolima, Huila y el sur occidente de Cundinamarca, tiene un área aproximada de 956.000 ha, de las cuales el 51% es apta para cultivos comerciales de clima cálido y 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 (Corpoica, 2010).

Este trabajo tiene como objetivo definir e identificar los factores que inciden en las decisiones de adopción de tecnologías de manejo de suelos, por parte de los productores de algodón del valle alto del Magdalena, por medio de la identificación de los factores facilitadores e inhibidores de dicho proceso. El documento consta de dos apartados, en el primero se presenta el marco conceptual sobre estudios de adopción, seguidamente se comentan los alcances que tiene la utilización de los modelos de elección discreta aplicados a este tipo de estudios. En tanto que la segunda parte se ocupa de la discusión de los resultados y presentación de las conclusiones producto del análisis.

Los estudios de adopción son trabajos socioeconómicos que se efectúan años después que se ha liberado una nueva opción tecnológica, el tiempo no está definido, depende del producto tecnológico, de la especie y del tipo de productor para el cual fue generada la tecnología. En primera instancia permiten medir a nivel del productor, en el tiempo y espacio el uso de una determinada tecnología. Por otro lado, son instrumentos de retroalimentación para orientar el trabajo de generación y transferencia, ya que se identifican factores agro-socioeconómicos que favorecen o limitan el uso de la propuesta tecnológica (CIMMYT, 1993).

Se entiende por adopción, al proceso mediante el cual los productores deciden incorporar nuevas técnicas a la producción que han sido generadas y desarrolladas para sus sistemas de producción. 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, liquidez, nivel de escolaridad, extensión del terreno entre muchos otros (Saín, 1983).

Esta investigación combina elementos teóricos de la adopción de tecnologías como los propuestos por Perrin en los trabajos realizados por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en sus planteamientos iniciales sobre adopción de tecnologías agrícolas y los avances posteriores como los modelos de medición cualitativa propuestos por Mcfadem (1975), con aplicaciones posteriores en diversos estudios como los de que realizó Velasco *et*

al. (2008) aplicado a la ganadería en el estado del Zulia en Venezuela y Martínez *et al.* (2010), al caso de la adopción de estándares en hortalizas en el noroeste de México.

La hipótesis que subyace en esta investigación es que existe una relación directa entre la adopción de tecnologías en general y las ventajas económicas, técnicas y ambientales derivadas del uso de las tecnologías. En este sentido, cuando el agricultor no encuentra estas ventajas en las tecnologías que se le ofrece simplemente opta por no adoptarlas. Por otra parte, es bueno recordar que la no adopción o abandono de las tecnologías por parte del productor puede obedecer a factores exógenos como disponibilidad de maquinaria, la semilla disponible y tenencia de la tierra que no son características propias de las tecnologías y por esta razón prefieren las técnicas tradicionales de manejo de suelos.

Sin embargo, no todos los individuos adoptan a la vez sino que cada uno de ellos requerirá de un periodo de tiempo más o menos amplio para decidir si la innovación es buena para él. Estas diferencias en el tiempo de adopción que hay entre individuos pueden ser debidas a los efectos de la comunicación y del aprendizaje que enlaza la innovación con los potenciales adoptantes, a las diferencias intrínsecas entre individuos por sí mismas, o simplemente por la interacción estratégica existente entre los individuos de un sistema social (CIMMYT, 1993).

Es por esta razón que dentro del estudio se consideraron diferentes variables que determinan los deseos o las razones de la adopción de tecnologías de manejo de suelos como vía de entrada para entender las razones por las cuales los agricultores deciden incorporar las tecnologías de manejo de suelos a sus sistema de producción o también las razones para abandonarla una vez la conocen y la usan.

La tasa de adopción es un indicador que permite conocer la cantidad de personas que probablemente seguirán usando las tecnologías generadas y transferidas, cuando el período de asistencia técnica haya terminado. 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 período de aprobación más corto (el proceso de adopción) que los adoptantes tardíos (Regers, 2003).

Existen muchos tipos de modelos de respuesta cualitativa diferentes, teniendo todos ellos en común que su variable dependiente es discreta. Esto tendrá consecuencias determinantes sobre los métodos de regresión lineal clásicos, ya que prácticamente ninguno de estos modelos puede estimarse con ellos. En casi todos los casos, el mé-

todo de estimación es el de máxima verosimilitud y no el de mínimos cuadrados, además permite el cálculo de las contribuciones individuales de las variables explicativas (McFadden, 1975).

Con relación a cuales pueden ser los principales determinantes de la adopción, un estudio sobre la evaluación de los niveles de fertilización en pequeñas fincas productoras de cacao en el oeste de Costa de Marfil en África demostró que la aversión al riesgo es una variable importante en las decisiones de adoptar o no adoptar y pone en evidencia que la mayoría de los agricultores presentan extrema aversión al riesgo. Otras variables como la educación, la pertenencia a la asociación, la liquidez de los agricultores, tamaño de la explotación, mano de obra contratada, la fertilidad del suelo y el acceso al crédito son importantes para explicar las decisiones de los agricultores (Ben-Houassa, 2011).

La medición de los determinantes de la adopción se realizó a través de un modelo de elección discreta tipo Logit los cuales se utilizan cuando se incluyen variables cualitativas, son de gran utilidad en los análisis discriminantes multivariado y para poder modelar variables de respuesta cualitativa, los modelos de escogencia discreta son del tipo sí o no, por ejemplo: se trata de saber si hacen control de malezas o no, conoce las tecnologías de manejo de suelos o no las conoce, usa las tecnologías que conoce o no las usa, se han producidos cambios en sistema de producción o no se han presentado. Los modelos de escogencia discreta han cobrado relevancia desde el otorgamiento del premio Nóbel de Economía 2000 a su creador, McFadden.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos para este estudio fueron obtenidos en el trabajo de campo realizado por investigadores del Centro de Investigación Nataima de Corpoica ubicado en municipio de El Espinal departamento del Tolima, dentro del proyecto "Estudio de adopción e impacto de tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón en el valle cálido del Alto Magdalena" financiado por el ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural dentro del convenio de Cierre de Brechas Tecnológicas ejecutado por Corpoica.

El marco geográfico para este estudio fue la Región del valle cálido del Alto Magdalena que comprende los departamentos de Tolima, Huila y el sur occidente de Cundinamarca en Colombia.

El trabajo de campo constituyó la fuente de información directa e incluye desde la definición de la muestra, número de encuestas a realizar, diseño del cuestionario, aplicación

del cuestionario y captura de información complementada con entrevistas a agricultores de la región.

Para la definición del tamaño de la muestra se utilizaron los datos de suministrados por Conalgodón y se aplicó la técnica de muestreo estratificado con afijación proporcional, en donde se dividió la población en grupos de acuerdo con la variable área del lote, tomando como referente pequeños productores con un área entre los 0 – 10 ha, medianos productores entre 10,1 – 20 ha y grandes productores con más de 20 ha. Los cálculos arrojaron una muestra de 138 productores distribuidos proporcionalmente por tipo de productor y departamento. (CORPOICA, Nataima, 2011).

Diseño del modelo econométrico

Para el análisis de los determinantes de la adopción de tecnologías de manejo de suelos en la región de valle cálido del Alto Magdalena, se planteó una relación de variables donde la variable dependiente se define como el porcentaje o la probabilidad de que los agricultores adopten las tecnologías de manejo de suelos: labranza convencional que es la que se va a comparar con relación a las demás tecnologías, labranza mínima, labranza cero y labranza vertical, lo cual se explica por las variables cualitativas.

Dado el carácter cualitativo de las preguntas, se establecieron variables binarias y dicotómicas, se incluyeron variables como: disposición de maquinaria, entendido como si tener acceso a la maquinaria facilitaría el proceso de adopción de tecnologías de manejo de suelos, baja incidencia de malezas en el cultivo, en este caso debe entenderse que la tecnología que le garantice baja proliferación de las malezas será que estaría dispuesto a adoptarla, tipo de tenencia de la tierra, el género es decir, si se trata que el agricultor sea una mujer o un hombre o quien toma las decisiones de utilizar las técnicas de manejo de suelos y la capacidad de retener agua en el suelo.

La información se agrupó en tablas de frecuencia y con la utilización del programa estadístico SPSS módulo log regresión Logit y el programa econométrico Stata se corrieron regresiones LOGIT, usando el método de máxima verosimilitud.

Los resultados sobre la probabilidad de los agricultores incorporen al sistema de producción las tecnologías de manejo de suelos a través de las variables explicatorias, se pueden obtener a partir de un modelo logit también conocido como *Probit*, que utilizó McFadden (1973). De acuerdo con Madala (1996), los modelos de elección binaria asumen que los individuos se enfrentan con una elección entre dos alternativas y la elección depende de

características identificables. Madala (1996); Pindyck y Rubinfeld (2001), argumentan que dichos modelos se refieren a decisiones que involucran “deseo” y “capacidad.” Consecuentemente, un modelo como el expresado contendrá variables explicativas de ambos elementos o atributos.

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 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 (Gujarati, 2006).

El modelo Logit para explicar si el productor decide adoptar o no, ésta dado por:

$$E(Y_j|X = x) = \Pr(Y = 1_j|X = x) = \Lambda(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_n X_n) + u_i \quad (1)$$

Donde

E = La esperanza condicional de Y dado X

Y = Probabilidad de que ocurra el hecho en este caso la adopción.

X = Variable independiente o explicatorias.

β = Valor de los parámetros producto de la estimación del modelo.

u_i = Término de perturbación

Λ = Función densidad logística $\Lambda(Z) = \frac{e^Z}{1+e^Z}$ (2)

El modelo de probabilidad quedaría definido de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} P(y_i = 1) &= P(y_i^* > 0) = P(\mathbf{x}_i' \beta + u_i > 0) : \\ &= P(u_i > 0 - \mathbf{x}_i' \beta) : \\ &= P(u_i \leq \mathbf{x}_i' \beta - 0) \\ &= F(\mathbf{x}_i' \beta^*) \end{aligned} \quad (3)$$

El vector de coeficientes β puede ser estimado por medio del método de máxima verosimilitud, que equivale a resolver el siguiente problema:

$$\max_{\beta} P(y|x) = \max_{\beta} \left[\prod_{i=1}^{n1} \Lambda(\beta_i^T x_i^T) \right] \quad (4)$$

Este problema es equivalente a resolver:

$$\max_{\beta} lP(y|x) = \max_{\beta} \left[\prod_{i=1}^{n1} \ln \Lambda(\beta_i^T x_i^T) \right] \quad (5)$$

Donde \ln corresponde al logaritmo natural $\ln(y|x)$ es conocida como el logaritmo de la función de verosimilitud.

La función de verosimilitud tiene la siguiente forma:

$$L = \text{Prob}(Y_1, \dots, Y_N) = \text{Prob}(Y_1) \dots \text{Prob}(Y_N)$$

Ahora bien, si se tiene en cuenta el hecho de que la probabilidad de elegir la segunda alternativa es igual a 1 menos la probabilidad de que se elija la primera y se utiliza el símbolo Π para representar el producto de varios factores, la función de verosimilitud se reduce a:

$$L = .P_1 \dots P_n (1 - P_N) \dots (1 - P_N) = \prod_{i=1}^{n1} P_i = \prod_{i=n1+1}^{n1} (1 - P_i) \\ = \prod_{i=1}^{n1} P_i = \prod_{i=n1+1}^{n1} (1 - P_i) = \prod_{i=1}^n P_i^{y_i} (1 - P_i)^{(1-y_i)} \quad (6)$$

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.

Este análisis se basó en el modelo formulado de probabilidad de adopción de tecnologías de manejo de suelos de la siguiente manera:

$$E[y_i | x] = 1 \cdot F(x_i' \beta) + 0 \cdot [1 - F(x_i' \beta)] = F(x_i' \beta) \quad (7)$$

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 explicatorias.

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

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

- Existe una relación directa entre la adopción de tecnologías de labranza mínima, cero y labranza vertical y la concepción de si estas tecnologías generan ventajas técnicas, económicas y ambientales en la medida que generen estas ventajas se aumentará la probabilidad de adopción.
- Los productores, quieren seguir usando la labranza convencional y no adoptan nuevas tecnologías debido a que disponen de la maquinaria y por tanto existe una

relación directa entre la adopción de tecnologías y el acceso a la maquinaria.

- Con el uso de la labranza convencional hay una menor incidencia de malezas en el cultivo, en la medida que ninguna otra técnica de preparación del suelo garantice una menor incidencia de malezas, preferirán la labranza convencional a las demás técnicas. Por esta razón, existe una relación inversa entre la adopción y esta razón.
- Existe una relación directa entre posesión de la propiedad y la implementación de las diferentes tecnologías de manejo de suelo. Los que son propietarios tienden a cuidar más el suelo, y se ven beneficiados directamente al invertir y conservar las propiedades físicas del suelo, a diferencia de los que trabajan en tierras arrendadas.
- Existe también relación entre el género del productor y el manejo de suelos. Los hombres tienen mayor propensión a las nuevas tecnologías, que las mujeres, debido a que tiene mayor acceso y mayor poder de decisión sobre el uso de las tecnologías.
- 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 al cultivo y una mayor propensión a adoptar estas tecnologías.

El modelo general planteado en este caso fue:

$$Y = \text{Adop} \frac{P_i}{1 - P_i} \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_n X_n + e \quad (8)$$

Donde:

Y = Adopción de tecnologías de suelos.

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = Variables explicatorias cualitativas (maquinaria, malezas, sexo, capacidad de retención de agua en el suelo).

El resultado de este ejercicio es probar si las variables definidas explican las decisiones de adoptar la tecnologías de manejo de suelos por parte de los agricultores.

La presentación de las variables que componen el modelo se puede apreciar en la Tabla 1.

La ecuación de regresión para explicar la probabilidad de que los agricultores algodóneros adopten las tecnologías de manejo de suelos a través las variables explicativas se muestra así:

$$Y = \text{Adop} \frac{P_i}{1 - P_i} \beta_0 + \beta_1 \text{Razon1} + \beta_2 \text{Razon2} + \beta_3 \text{Tenencia} \\ + \beta_n \text{Sexo} + \beta_5 \text{Retaguasuelo} + e \quad (9)$$

Donde:

Y = Adopción de tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón.

Tabla 1. Variables que conforman el modelo para la medición de la Adopción de tecnologías de manejo de suelos en el sistema de producción del algodón en el Valle Cálido del Alto Magdalena

Variable Dependiente	
Adop = 1	Si adopta las tecnologías de manejo de suelos. Cero (0) de otra forma
Variables Independientes	
Razón 1 =1	Si considera que los productores en su mayoría disponen de la maquinaria para preparar el suelo cero (0) de otra forma.
Razón 2 = 1	Si hay menor cantidad de malezas con la labranza convencional cero (0) de otra forma
Tenencia =1	Si es propietario de la tierra que cultiva cero (0) de otra forma
Sexo = 1	Si el agricultor es hombre cero (0) si es mujer
Retaguasuelo = 1	Si considera que la labranza mínima y vertical mejora la disponibilidad del agua en el suelo. Cero (0) de otra forma

β = Valor de los parámetros producto de la estimación del modelo Logit.

Razón 1 = Los productores en su mayoría disponen de la maquinaria para preparar el suelo.

Razón 2 = menor cantidad de malezas con la labranza convencional.

Tenencia = expresa si la propiedad es arrendada (tomando el valor de 0) o es propio el terreno (valor igual a 1).

Sexo = indica el género del productor, tomando valores únicamente 0 y 1 (0 para las mujeres, 1 para los hombres).

Retaguasuelo = si la labranza mínima y vertical mejoran la disponibilidad del agua para las plantas.

e = término de perturbación.

Es de anotar que habrá tantos parámetros como variables independientes.

De acuerdo con esta ecuación, la probabilidad de explicar el proceso de adopción de tecnologías de manejo de suelos por parte de los agricultores productores de algodón, puede ser explicada por la disponibilidad de maquinaria, la proliferación de malezas, el género, la tenencia de la tierra y las posibilidades que las tecnologías permitan la retención de agua en el suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las probabilidades de que los agricultores adopten las tecnologías de manejo de suelos se hizo mediante la utilización de un modelo Logit que relaciona las variables a través de un análisis previo de causalidad.

La ecuación producto de la estimación de parámetros se explica en la Tabla 2.

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			

La ecuación expresada en los valores de los parámetros se presenta así:

$$Y = \text{Adop} \frac{P_i}{1 - P_i} -1,678 * \text{Razon1} + -3,639 * \text{Razon2} + 0 - 854 * \text{Tenencia} + 1,063 * \text{Sexo} + 0,656 * \text{Aguasuelo} + e \quad (10)$$

Donde:

Y = Adopción de tecnologías de manejo de suelos en el cultivo del algodón.

β = Valor de los parámetros producto de la estimación del modelo Logit.

Razón 1 = Los productores en su mayoría disponen de la maquinaria para preparar el suelo.

Razón 2 = menor cantidad de malezas con la labranza convencional.

Tenencia = expresa si la propiedad es arrendada (tomando el valor de 0) o es propio el terreno (valor igual a 1).

Sexo = indica el género del productor, tomando valores únicamente 0 y 1 (0 para las mujeres, 1 para los hombres).

Retaguasuelo = si la labranza mínima y vertical mejoran la disponibilidad del agua para las plantas.

e = término de perturbación.

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. Lo cual se puede interpretar de la siguiente forma, si el productor dispone de la maqui-

naria necesaria para la labranza convencional, está un 81% menos dispuesto a adoptar nuevas 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 la probabilidad de implementar en un 97%.

La variable tenencia, expresa si la propiedad es arrendada (tomando el valor de 0) o es propio el terreno (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 (1,063), lo cual muestra que los hombres están más dispuestos a implementar tecnologías.

La variable retaguasuelo, muestra la opinión que tienen los productores sobre si la labranza mínima y vertical mejoran la disponibilidad del agua para las plantas o la capacidad del suelo de retener agua. 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 93%.

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. A excepción del último, que se acepta con un nivel de significancia del 83%. Igualmente los signos dieron como se esperaba de acuerdo con la relación entre variables.

Con el fin de considerar la contribución individual de cada una de las variables que componen el modelo que pretende explicar la probabilidad que los agricultores adopten las tecnologías diferentes a la convencional se procedió al cálculo de los efectos marginales² los cuales 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 las nuevas técnicas ya que hace la mayor contribución con 51% de la explicación de la adopción de tecnologías. Indica que un aumento en un punto en la proliferación de malezas disminuye en 51% la probabilidad de que los agricultores adopten las tecnologías.

Le siguen la variable explicatorias Razón 1, es decir la disponibilidad de maquinaria la cual hace una contribución del 18% de la explicación de la adopción, lo que quiere decir, que un aumento de un punto en la adquisición de maquinaria, aumenta la probabilidad de adopción de tecnologías diferentes a la convencional en un 18% la probabilidad de que los agricultores adopten las tecnologías.

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

La tenencia de la tierra le sigue en importancia en aporte a la explicación de la probabilidad de la adopción y lo hace con un 7% de la explicación de la adopción, 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 un 7%.

La posibilidad de retención del agua en el suelo es un factor que explica la probabilidad de adoptar tecnologías con un participación del 5%; esto quiere decir que un aumento en un punto de la percepción que las técnicas diferentes a la convencional permiten mayor retención de agua en el suelo, aumentando la probabilidad de adopción de tecnologías diferentes a la convencional en un 5%.

Los resultados anteriores dejan ver como la decisión de usar tecnologías conservacionistas de manejo de suelos en el cultivo del algodón está condicionada a que el agricultor disponga de maquinaria, pero por otro lado las dificultades de pasar de la tecnología convencional a las nuevas prácticas como labranza mínima, cero y vertical está supeditada a que las nuevas tecnologías garanticen menor presencia de malezas. En realidad esto no se da por cuanto la presencia de malezas es mayor cuando se usan las tecnologías conservacionistas.

Por otra parte, un elemento que incide en forma directa en las decisiones de adopción de otras tecnologías de

² Los efectos marginales significan las contribuciones que hace cada una de las variables independientes en la explicación de la variable dependiente, se expresan en porcentaje de probabilidad que las variables explicatorias contribuyan individualmente. En este caso se trata de estimar en que porcentaje la disponibilidad de maquinaria, la baja incidencia de malezas, la tenencia de la tierra, el sexo del agricultor y la capacidad de retención de aguas en el suelo por el uso de labranza cero y labranza profunda contribuyen en la adopción de tecnologías de manejo de suelos.

preparación de suelos diferentes a la convencional es la tenencia de la tierra, en este sentido, cuando el productor es propietario realza prácticas sostenibles para mantener su producción estable y se preocupa más por la salud del suelo evitando prácticas que lo conduzcan a deterioro del mismo.

Por último, un factor muy importante para los agricultores es preferir aquellas tecnologías que les permitan una mayor capacidad de retención de agua en el suelo que se alcanza con prácticas diferentes a las convencionales. En este sentido se podría decir, que en materia de decisiones de uso de tecnologías hay dos razones que favorecen el uso de las técnicas convencionales como son la proliferación de malezas y la disponibilidad de maquinaria. Por su parte, la tenencia de la tierra y la capacidad de retención de agua en el suelo prefieren las tecnologías conservacionistas y las demás están dirigidas a preferir las tecnologías conservacionistas, como labranza cero, labranza reducida y labranza vertical.

Los modelos de elección discreta son útiles cuando se trata de medir deseos o actitudes de los productores al momento de decidir e incorporar tecnologías a sus sistemas de producción, especialmente en la producción agropecuaria tomando como base el estudio realizado por de Velasco en el estado del Zulia, donde utiliza un modelo de elección discreta; es de anotar que se trató de un caso de ganadería bovina y las variables que se incluyeron fueron la escolaridad, localización, tamaño de la finca y en el caso de las tecnologías de suelos analizadas en este se incluyeron variables cualitativas, sin embargo, para ambos casos los resultados de la estimación presentan robustez lo que lleva a concluir que estas técnicas son apropiadas cuando se trata de medir la elección de los agricultores frente a la probabilidad de incorporar cambios en los sistemas de producción.

Al comparar los resultados obtenidos en el estudio de adopción de tecnologías de conservación de suelos en el sistema de producción de algodón con los obtenidos por Ben-Houassa (2011), en un estudio sobre la adopción de

los niveles de fertilización en pequeñas fincas productoras de cacao en el oeste de Costa de Marfil en África, donde se utilizó un modelo Probit con resultados de la estimación con un buen ajuste y buena bondad de ajuste con un pseudo R^2 de 0,3818, un tanto inferior a los obtenidos en el estudio de adopción de tecnologías de manejo de suelos en algodón (0,452) donde se demostró que los factores que afectan la adopción están relacionados con la educación, la pertenencia a la asociación, la liquidez de los agricultores, tamaño de la explotación, mano de obra contratada, la fertilidad del suelo, la aversión al riesgo y las percepciones. Algo similar se pudo apreciar en el estudio de la adopción de tecnologías de manejo de suelos, donde la aversión se manifiesta en el hecho de preferir la labranza convencional porque les garantiza menos proliferación de malezas y menos riesgo de aumentar los costos de herbicidas.

CONCLUSIONES

Las variables que explican en mayor forma las decisiones de adoptar tecnologías de manejo de suelos 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 cuanto a juicio de estos, la labranza convencional ocasiona una menor presencia de malezas y por tanto menores costos de herbicidas, sin embargo el sobre laboreo ocasiona compactación del suelo.

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 estas tecnologías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ben-Houassa K. 2011. Adoption and levels of demand of fertilizer in cocoa farming incôte d'ivoire: does risk aversion matters? En: <http://www.csae.ox.ac.uk/conferences/2011-EDiA/papers/769-Kouame.pdf>; consulta: junio de 2012.
- Castro HE. 1995. Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del valle cálido del Alto Magdalena. Bogotá: Corpoica; Produmedios.
- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1993. La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas. México DF.
- CCIA, Comité Consultivo Internacional del Algodón. 2011. Sección de económica y de estadísticas. En: <http://icac.org/es/economics-and-statistics/background>; consulta: junio de 2012.
- Corpoica, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 1998. Plan nacional de investigaciones de algodón para aumento de la competitividad. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Corpoica, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2011. Valoración y evaluación de la adopción e impactos económicos, sociales y ambientales del manejo de los suelos en el sistema de producción de algodón, y sus cultivos de rotación en el Valle Cálido del Alto Magdalena. Informe final. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Gujarati D. 2006. *Econometría*. 4a ed. México DF: MacGraw Hill.
- Madala G. 1996. *Introducción a la econometría*. 2a ed. México DF: Prentice-Hall.
- McFadden D. 1973. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. En: Zarembka P, editor. *Frontiers in econometrics*. Nueva York, NY: Academic Press. pp.105-142.
- McFadden D. 1975. The revealed preferences of government bureavecracy: theory. *Bell J Econ* 6:401-416.
- Martínez A, Avendaño B, Acosta A. 2011. Determinantes de la adopción de estándares en el subsector hortícola del Noroeste de México. *Rev Corpoica* 12(2):175 -181.
- Perrin R, Winkelmann D. 1976. Impediments to technological progress on small versus large farms. *Am J Agr Econ* 58:888-894.
- Pindyck R, Rubinfeld D. 2001. *Econometría: modelos y pronósticos*. 4a ed. México DF: McGraw Hill.
- Sain O. 1983. Tite economic returns to institutional Innovations in national agricultural research: on-farm research in IDIAP, Panama. Documento de trabajo del Programa de Economía del CIMMYT No. 04/83. México DF: CIMMYT.
- Rogers E. 2003. *Diffusion of innovations*. New York, NY: Free Press.
- Velasco J, Ortega-Soto L, Sánchez-Camarillo E, Urdaneta F. 2008. Análisis de sensibilidad del nivel tecnológico adoptado en fincas ganaderas de doble propósito del estado Zulia, Venezuela. *Rev Cient FCV-LUZ* 20(1):67-73