

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

Semillas transgénicas y su adopción en Colombia: Algodón en el departamento de Córdoba

Cindy Katherine Tenjo Gutiérrez

Resumen: Este documento muestra la situación del algodón en Colombia, examinando la implementación de Organismos Genéticamente Modificados como elementos importante para el incremento de la productividad. En medio de una discusión en torno a su uso, se hace un análisis costos de producción y rendimientos para el departamento de Córdoba comparando semillas transgénicas, con semillas convencionales. El análisis se realiza para cosecha 2007-2008

Palabras clave: Organismos genéticamente modificados, rendimiento, semillas transgénicas, nivel de producción, fibra algodón.

Abstract: This document shows the situation of cotton in Colombia, examine the implementation of Genetic Modified Organism like important elements for the growth of productivity. Between a discussion around its use their analysis of productivity and performance for the department of Córdoba, comparing transgenic seeds against conventional seeds. The present analysis is made for crops for 2007-2008.

Key Words: Genetically modified organism, performance, transgenic seeds, level of production, cotton fiber.

Contenido

I.	Introducción	5
II.	Revisión de la literatura	6
	II.I Contexto de los Organismos Genéticamente Modificados en Colombia	8
III.	Marco teórico.....	11
IV.	Metodología	12
	IV.I Origen de los datos	12
	IV.II Análisis descriptivo.....	12
V.	Análisis por medio de Regresiones Multivariadas log_nivel.....	15
VI.	Resultado de las regresiones.....	17
	VI.I Comparación con metodologías tradicionales.....	18
VII.	Conclusiones.....	21
VIII.	Bibliografía	23
	Anexo 1 Resultado de regresiones.....	26

I. Introducción

En los años sesenta del siglo XX, los commodities¹ representaban una gran parte de la economía Colombiana, luego del café el segundo cultivo con mayor importancia agrícola en el país lo representaba el algodón. Para la industrialización del país, este cultivo tuvo un desarrollo productivo importante mediante una articulación a una cadena productiva clara y clave (González, 2007). Posteriormente para la década de los noventa el algodón se enfrentó con un periodo de crisis por diversos factores, entre ellos la revaluación del peso, la apertura económica efectuada durante el gobierno del ex presidente Gaviria y bajos precios internacionales. Lo anterior se le suma la situación de orden público del país que degeneró en pérdidas de competitividad relativa, llevándolo de exportador neto a importador neto (Conpes 3401, 2005)

Dada la situación de los cultivadores colombianos y la importancia de este cultivo, el gobierno encontró necesario otorgar apoyo directo a la producción desde 1997 a 2000 y posteriormente en el 2001 se vio obligado a establecer una política compensatoria que les asegurara a los agricultores un ingreso básico y que además los estimulara a sembrar. Esta fue la idea del Precio Mínimo de Garantía (PMG) (Conpes 3101,2005).

Con el fin de alivianar los costos de producción, se permitió desde el 2002 la siembra de semillas transgénicas con especial enfoque en el Caribe Colombiano. A pesar de las ventajas de estas semillas y de su rápida adopción los rendimientos continuaron disminuyendo desde el 2007 y presentaron inconvenientes en las cosechas posteriores de 2008, 2009, 2010 y 2011, donde los agricultores reportaron pérdidas millonarias. Al mismo tiempo los cultivadores productores de algodón en Sucre y Córdoba no ocultaron su descontento con Monsanto asegurando que entablarían una demanda en contra, por no haber sido informados sobre las características de variedades sembradas por primera vez en la región (Portafolio, 2009).

¹ Commodities: Materias primas o bienes primarios.

Este trabajo tiene como propósito comprender la situación del algodón en Colombia enmarcándolo en el debate nacional e internacional sobre el uso de tecnología transgénica. Para lo cual se busca responder teniendo como referencia la cosecha del 2007-2008 en el departamento de Córdoba y diferenciando entre semillas transgénicas y semillas convencionales ¿cual ha sido el impacto en los rendimientos y costos de producción?

Este trabajo se estructura en las siguientes partes. En primer lugar se relata brevemente el contexto del algodón en Colombia. En segundo lugar se presenta una revisión de la literatura, exponiendo la definición de los Organismos Genéticamente Modificados (OMG), exponiendo las posturas a favor y en contra del uso transgénico en la agricultura mundial y el contexto Colombiano. En la siguiente sección y con base en la teoría del productor, que nos permite entender la estructura productiva, las decisiones de los agentes, de gremios y de Estado, se hace un análisis simple de regresiones multivariadas para determinar la diferencia entre semillas transgénicas y convencionales, y de esa manera poder analizar los puntos a favores y en contra. Posteriormente en la siguiente sección se hace una presentación de los resultados obtenidos luego de correr el modelo y finalmente en la última sección se dan las respectivas conclusiones, donde se toma en cuenta el estudio realizado en el transcurso de la investigación.

II. Revisión de la literatura

Los defensores de los Organismos Genéticamente Modificados (OMG) argumentan un serie de ventajas en la producción agrícola, entre las más relevantes se enuncian la disminución del uso de herbicidas e insecticidas, debido a ciertas variedades como los “Bt”, las cuales con capaces de resistir las plagas más comunes. En el caso específico del algodón se encontró que en México la cantidad de insecticida aplicada por hectárea cultivada se redujo de 14 kilos en 1980 a 2 kilos en 1999, lo que se traduce en menor contaminación de suelos, aire, agua, etc. (Traxler, 2001). La salud de los productores mejoro debido a la disminución en la aplicación de insecticidas en México (Terán, 2008).

La disminución en el uso de insecticidas en el sector algodonero se encuentra documentada en varios países, en México la reducción ha sido más de un 50% para 2003 (Traxler y Godoy-Ávila, 2004), en Sudafrica, 66% (Benett et al., 2003), 80% en India, lo cual trae implicaciones

positivas para el medio ambiente. Esto sumado a regiones como Makhathini en Sudáfrica, la cual ha presentado un aumento en los rendimientos, de 1998 18% y en 1999 60%, mientras que también se presentó un aumento en las utilidades que fueron de 11% y 77% superiores en 199 y 2000 respectivamente (Ismael, 2001).

En el caso de Colombia, para la implementación de este tipo de cultivo el país debe cumplir con un sistema de investigación agrícola bien definido, además de un proceso de regulación de bioseguridad y con acceso a los mercados según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2003). Es decir que los Estados deben cumplir con una serie de lineamientos, de tal forma que pueda existir la mayor seguridad posible para la salud de los consumidores y el ambiente.

Los productos transgénicos no solamente cuentan con defensores, entre los detractores de estos productos se encuentran argumentos tales como la visión unidimensional de esta tecnología que no contempla los principios básicos de la agricultura, como lo son: la gestión del agua, el policultivo, la fertilidad de la tierra y otras prácticas sostenibles que probablemente lograrían doblar el rendimiento (Rees, 2008).

Algunos gobiernos Europeos los podemos encontrar dentro de los que se han declarado en contra de los productos transgénicos, absteniéndose de su uso mediante una apelación al principio de precaución. Este es invocado cuando hay alguna actividad que puede tener algún efecto sobre el medio ambiente y donde no pueda probarse con certeza que es dañino para el medio ambiente y generaciones futuras.

Dadas las ventajas que sustentan sobre la disminución de insecticidas, se han encontrado casos que representan todo lo contrario. El informe de la USDA (U.S. Department of Agriculture) afirma que los cultivos genéticamente modificados tolerantes a ciertos herbicidas, no han causado reducción, sino que por el contrario, en el caso de la Soja Roundup Ready han generado aumento en el uso de agroquímicos (Fernández- Cornejo y Macbride, 2002). Este mismo estudio logro determinar que la variedad Bt presento un impacto negativo para los agricultores y en el caso de la soja RR no hubo efectos estadísticamente significativos en los beneficios netos.

Otro estudio que puede refutar los OMG es una realizado por el Centro para la Política Agrícola de China, la Academia de Ciencias China y la Universidad de Cornell, donde se

encontró que aunque en un principio se había disminuido el uso de insecticidas, con el pasar del tiempo los beneficios fueron en retrocesos puesto que se aumentaron los insecticidas para la presencia de plagas secundarias (Wang, Just y Pinstруп- Andersen, 2008).

Otro de los asuntos a discutir a parte del uso de insecticidas es el rendimiento. Una investigación abordada por la Universidad de Nebraska, confirmó un rendimiento pobre de la soja Roundup Ready, encontrando que sus cosechas son entre 6% y 11% menores que las obtenidas en los cultivos que no eran genéticamente modificados (Elmore, 2001)

Además de lo expuesto anteriormente se suman cuestionamientos sobre los altos precios tanto de las semillas como de los insumos y se discute la falta de capacidad de los Agricultores de subsistencia para acceder a estos productos (Rees, 2008), el alto poder de mercado en algunas compañías comercializadoras, procesadoras y fabricantes que llega aproximadamente al 70% sobre las opciones y decisiones del sistema alimentario (Future Of Food report, 2010). En el mercado de las semillas transgénicas se encuentran Monsanto, Sygenta, Dupont y Limagrain, lo que ha llevado a generar molestias sobre los oligopolios, manejo de los precios y los derechos de propiedad, que pueden amenazar la seguridad alimentaria en países en vía de desarrollo.

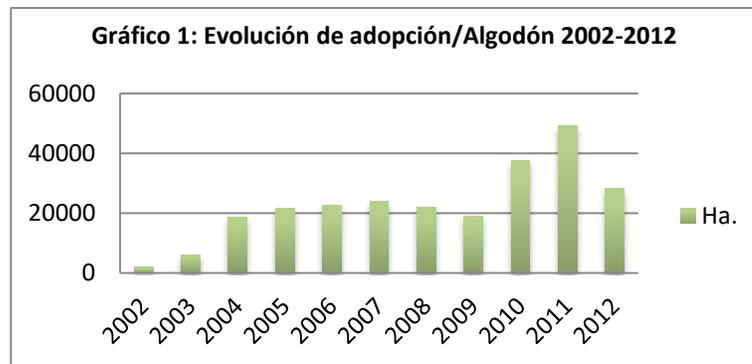
Cada país posee condiciones geográficas, políticas, sociales y culturales bastante variadas por lo cual no se puede dar resultados concluyentes que permitan generalizar la situación de los OGM, es por esto que vale la pena hacer una revisión de la situación en el caso colombiano, debido a que el impacto puede ser diferente.

II.I Contexto de los Organismos Genéticamente Modificados en Colombia

Para Colombia el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) constituyó el 22 de diciembre de 1998 el Acuerdo 13, por el cual se crea el Consejo Técnico Nacional (CTN) para la producción, liberación, introducción y comercialización de Organismos Genéticamente Modificados (OMG) de uso agrícola (ICA, 1999). Este Consejo fue compuesto por el jefe de la División de Semillas del ICA, el jefe de la División de Sanidad Vegetal del ICA, el Coordinador de la Unidad de recursos Genéticos y Bioseguridad del ICA, representantes de los ministerios de Salud, Medio Ambiente, Agricultura y Desarrollo Rural, de la Asociación Colombiana de Productores de Semillas (ACOSEMILLAS), de la Asociación de Industriales (ANDI), de la Asociación Nacional Usuarios Campesinos (ANUC) y de la sociedad de

Agricultores de Colombia “SAC”. Además de lo anterior en el 2002 con la ley 740 el país se adhirió al Protocolo de Cartagena, un instrumento internacional que regula los organismos vivos modificados (OVMs), producto de la biotecnología moderna.

Esta reglamentación pretende hacer frente a la rápida expansión de la biotecnología y sus posibles efectos en la biodiversidad ecológica y la salud humana. Es así como el ICA aprobó que desde el 2002 se cultivara algodón transgénico y posteriormente en el 2007 permitió las siembras controladas de maíz, así como investigaciones en otros cultivos. A continuación se presenta en el grafico No. 1 la evolución que han tenido los cultivos de algodón, después del acogimiento de dichas semillas.



Fuente: ICA 2012

Dentro de los departamentos que han adquirido esta tecnología podemos encontrar a Bolívar, Córdoba, Cesar, Tolima y Sucre (ICA). Ha existido un fuerte debate desde el principio de la adopción de estas semillas, debido a que no se han obtenido los resultados esperados dadas las condiciones climáticas, acompañamiento de los agricultores y adaptabilidad de las mismas. Por lo tanto el acogimiento de esta nueva tecnología no se ha demostrado en una garantía de mejores rendimientos como se ve en el grafico No. 2 a continuación.

Gráfico 2: Rendimiento Promedio Fibra vs Porcentaje de Adopción semilla GMO



Para la fecha existen en Colombia 50 variedades de algodón transgénico autorizadas respectivamente por parte del ICA, siendo responsables de estas solo las compañías de Bayer, COACOL, Sygenta y DuPont. Entre las variedades aprobadas actualmente se encuentran las que tienen tecnología Bollgard o Bt, la cual posee el gen de la bacteria *Bacillus Thuringiensis*, la cual protege a la semilla de ciertos lepidópteros², la RR que le permite tolerancia a las aplicaciones del herbicida Roundup Ready o comúnmente llamado glifosato y por último la BG/RR que disminuye el número de aplicación de herbicidas e insecticidas (Monsanto, 2009). Todo esto para obtener aumentos en la productividad de los cultivos.

Dadas estas características, la experiencia de los cultivadores de algodón frente a los organismos genéticamente modificados podría lucir mucho más atractiva, debido a que se consideraría una solución viable en cuanto al crecimiento de cultivos comerciables rentables la participación activa de las mujeres, puesto que son atractivos por el ahorro en costos laborales, degenerados de la disminución en la aplicación del uso de insecticidas los cuales suelen estar ligados a la fuerza laboral masculina (Maldonado et al., 2011)

Tal y como se nombró con anterioridad, no parece ser constante en todas las zonas la disminución de herbicidas e insecticidas. En un estudio que realizó el Grupo de Ingeniería Genética de Plantas de La Universidad Nacional de Colombia en el departamento de Tolima en 2009, se estima un Índice de Coeficiente Ambiental (EIQ) y se encontró que para el cultivo ubicado en El Espinal en el año 2009, la tecnología impartida no brindó beneficios ambientales (disminución en el uso de herbicidas e insecticidas) y que por el contrario el EIQ registrado en relación con los cultivos convencionales fue mayor.

Conjuntamente, han existido inconvenientes relacionados con las semillas transgénicas. Para la temporada de cosecha de 2008/2009 existieron cuantiosas pérdidas debido a la numerosa cantidad de plagas, no esperadas que atacaron los cultivos. Por este evento la Confederación Colombiana de Algodón (Conalgodón), presentó una reclamación ante el ICA por “información engañosa e insuficiente” por parte de COACOL, subsidiaria de Monsanto en cuanto al manejo de la variedad de la semilla DP 164B2RF (Portafolio, 2011).

² Lepidópteros: Orden de insectos de metamorfosis completa que en la fase adulta poseen dos pares de alas membranosas cubiertas de escamillas (algunas de colores muy vistosos) y boca de tipo chupador en forma de tubo alargado que se repliega en espiral.

Según argumenta el gremio y los agricultores representados en éste, la publicidad de la semilla hablaba de la alta resistencia a la principal plaga del algodón. Spodóptera³. Al parecer los agricultores atendiendo a la publicidad de 97% de resistencia, no realizaron todas las labores de prevención y control de la plaga, por lo que se vieron comprometidas 7.000 hectáreas, en perjuicio de 2400 agricultores.

III. Marco teórico

Al momento de abordar este trabajo, se tiene como referencia la teoría del productor. Se conoce que la actividad principal de una empresa es convertir los factores productivos en bienes (Nicholson, 2007). En este caso se usará esta teoría para comprender la producción de algodón como materia prima clave para los textiles.

El análisis se lleva a cabo usando una función de producción con dos factores de producción de la forma $q = A(t)f(k, l)$, que expresa la cantidad máxima del bien que se puede producir utilizando distintas combinaciones de capital (k) y de trabajo (l) (Nicholson, 2007). Adicionalmente para poder producir, la firma se enfrenta a unos costos fijos y otros variables $CT=CF+CV$, donde el coste total dependerá de la cantidad de producción.

Por otro lado tenemos el concepto que ya algunos economistas del siglo XVIII mencionaron y es el de rendimientos decrecientes. Este concepto era generalmente aplicado en la parte agrícola, donde resaltaban que se quería emplear más trabajadores, se iba a tener que trabajar en tierras de menor rendimiento (Krugman, 2008).

Lo anterior resulta pertinente para este trabajo, para entender cuál es la diferencia en cuanto a costos y rendimientos de las respectivas variedades de semillas. Se trabaja bajo el supuesto de que las empresas toman decisiones con el fin de maximizar las ganancias derivadas de la producción, de tal forma que se obtenga el mayor beneficio económico $\pi = \text{ingreso total} - \text{costo total}$. Así mismo también será útil para entender el paso de semillas convencionales

³ El cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) es una especie de lepidóptero ditrisio de la familia Noctuidae, muy conocida en el ámbito agrícola por ser una plaga bastante importante que ataca a diversos cultivos de importancia económica, tales como maíz (*Zea mays*) y algodón (*Gossypium spp.*)

a transgénicas. Sin embargo según Conalgodón, este paso no obedece necesariamente a un mejor rendimiento, sino a falta de disponibilidad de semillas convencionales.

IV. Metodología

IV.I Origen de los datos

La Confederación Colombiana del Algodón- Conalgodón, entidad autónoma, de carácter civil, con personería Jurídica y sin ánimo de lucro, cuyo objeto principal es la representación y defensa de los agricultores y de las empresas que se dediquen al cultivo y desmote del algodón en Colombia, mediante los recursos del Fondo del Fomento Algodonero, realiza anualmente la recolección información de costos de producción y de comercialización, tomando como muestra 200 agricultores en la Costa, de los cuales 101 se encuentran en el departamento de Córdoba. La metodología y la recolección de datos fue la misma desde 2004 hasta 2012 y estuvo a cargo de la firma Duarte Guterman &Cia. Ltda.

Estos datos se obtuvieron mediante previa autorización de Conalgodón y el Comité del Fondo de Fomento Algodonero. Este trabajo busca comparar los costos y rendimiento de los cultivos, diferenciando las semillas convencionales de las transgénicas, utilizando como periodo de referencia la cosecha 2007-2008, de tal forma que podamos entender el impacto de su uso en este cultivo. Esta cosecha se toma como referencia debido a que para ésta, no hay una completa difusión de las semillas transgénicas, mientras que en la cosecha 2012-2013, donde en la muestra solo existió una finca usando algodón convencional.

IV.II Análisis descriptivo

Cuadro 1: Característica de la muestra

Variable	Córdoba 2007-08	
	Convencional	Transgénica
Número de agricultores	59	42
Total de hectáreas sembradas	252,73	423,29
Hectáreas promedio	4,28	10,07

Fuente: Conalgodón, 2009. Cálculos autor

En la muestra, se puede observar que en promedio son pequeños productores los que se dedican al cultivo de algodón. Con semillas convencionales es aún menor el tamaño promedio de las fincas que se dedican al cultivo 4,28 hectáreas, en contraste con las que se dedican a la siembra de semillas transgénicas 10,07 hectáreas.

Cabe resaltar que la temporada Costa-Llanos empieza a sembrarse entre junio y julio de cada año y se hace recolección entre diciembre y marzo del año siguiente. Esta es la temporada que más aporta a la producción nacional en comparación con la temporada del interior. A continuación se presentan los costos de producción desagregados en distintos insumos para la cosecha de algodón de 2007-2008.

Cuadro No. 2: Costos producción cosecha 2007-2008

Variable	Córdoba 2007-2008	
	Convencional	Transgénica
<i>Promedio ponderado</i>		
<i>Tierra (\$/ha)</i>	424363.9457	421687.4956
<i>Mano de Obra (\$/ha)</i>	1021494.661	847056.8863
<i>Abonos (\$/ha)</i>	507667.5518	505593.0569
<i>Semilla (\$/ha)</i>	296182.2341	541503.8533
<i>Plaguicidas (\$/ha)</i>	264638.1392	426010.6779
<i>Insecticidas (\$/ha)</i>	353168.2455	304287.6301
<i>Costos financieros (\$/ha)</i>	227557.8489	222946.5234
Kilos de algodón semilla por hectárea (Kg/Ha)	2157.445574	2524.37218
Costo de producción por tonelada de alg. semilla (\$/t)	1406330.587	1385734.783
Desmote y comercialización por ton. de alg. semilla (\$/t)	237,010 (2%)	231075.1945
Costo de producción por Ha.	3341739.2	3419380.192
Ingreso por tonelada de fibra de algodón (\$/t)	43149773.54	4332865.491
Beneficio / Costo por tonelada de fibra de algodón (\$/t)	-309819.6	368321.3133

Fuente: Conalgodón (2009), cálculos autor.

En el cuadro No. 2 se puede observar que los agricultores o tienen propiedad sobre la tierra o la toman en arriendo, pagan en promedio valores similares para semillas transgénicas y para semillas convencionales. En cuanto a mano de obra, si se puede observar una diferencia de \$174.438 en promedio, lo cual corresponde al menor uso de mano de obra en la aplicación de insecticidas. La diferencia en insecticidas es de aproximadamente \$50.000 siendo más altos los costos cuando se cultiva con semillas convencionales. Lo anterior obedece al tipo de semilla Bt, que ya esta variedad produce su propio insecticida.

Sin embargo, cuando se observa la el costo de los plaguicidas la diferencia es de \$161.372, lo que al parecer corresponde con los argumentos de que determinada variedad puede atacar el insecto principal, pero tiene mayor vulnerabilidad frente a plagas secundarias. Así mismo, cuando se revisan de forma desagregada los costos de la aplicación de insecticidas por hectárea es menor el monto destinado a combatir Lepidópteros en las semillas transgénicas, pero más alto en Picudo, en Spodóptera, en Mosca Blanca y en otros. Lo anterior abre cuestionamientos acerca de la efectividad de la variedad Bt para hacer frente a las plagas y los beneficios que pueda traer al medio ambiente, dado la aparición o mayor incidencia de plagas secundarias.

Por el lado de costos financieros la diferencia es significativa. Se puede observar una diferencia bastante alta es en el precio de las semillas, la diferencia es de aproximadamente el 81% (Conalgodón, 2009), siendo las transgénicas más costosas. Sin embargo en el terreno este costo se supone que es compensado con menor utilización de kilos de semilla por hectárea. Con respecto al rendimiento si hay diferencia significativa en la producción por hectárea. La diferencia es de 367 kilos menos por hectárea sembrada con semillas convencionales. Lo que conduce a pensar que los mayores costos en semillas transgénicas, son compensadas con mayores rendimientos en el campo.

Para el caso de los costos de producción por hectárea éstos son apenas más altos \$77.640 en los cultivos con semillas transgénicas que con convencionales y el beneficio/costo por tonelada de fibra de algodón es con saldo positivo en el caso de la fibra producto de la siembra con semilla transgénica.

V. Análisis por medio de Regresiones Multivariadas log_nivel.

Con este trabajo se busca identificar el efecto que perciben los productores de cambiar las semillas convencionales por semillas transgénicas. Entonces se propone hacer un análisis como el planteado por Nerlove (1973) por medio de regresiones econométricas multivariadas usando la misma base de datos de Conalgodón para analizar las variables relacionadas con el productor para identificar el efecto marginal de pasar de usar semillas convencionales a usar semillas transgénicas. Se incluye una variable control, la cual es el tamaño en hectáreas del cultivo ya que esta puede estar correlacionada con el uso de semillas transgénicas, puesto que se cree más probable la utilización de semillas transgénicas en la medida de que el cultivo sea más grande y además es una variable explicativa de las variables independientes. Lo anterior para evitar que exista un problema de omisión de variable relevante lo cual nos llevaría a calcular coeficientes sesgados. Además se mantiene en un modelo sencillo puesto que no se encontraron muchos estudios relacionados con el objetivo de este trabajo. Entonces la variable independiente de todas las regresiones multivariadas será una variable dummie donde 2 = transgénica y 1= convencional.

Teniendo en cuenta que se quiere comparar los coeficientes de la variable explicativa en relación a ciertas variables dependientes, entonces se utilizara un modelo Logarítmico para que los coeficientes den una explicación del efecto marginal en términos porcentuales y comparables. Entonces los coeficientes obtenidos representaran semielasticidades. Así el modelo a calcular queda expresado como:

$$\ln(y(i))=Dummie*BI(i)+control +error$$

Donde i corresponde al índice que permite identificar las distintas variables dependientes que se presentan más adelante.

Las variables dependientes de las regresiones multivariadas son las que se presenta en la tabla No. 1, expuesta a continuación

Tabla No. 1

Variable	Descripción
SIEMBRA TOTAL	Cantidad de plantas sembradas exitosamente
COSTO FINANCIERO TOTAL	Los intereses totales del periodo en millones de pesos
RENDIMIENTO TOTAL	EL rendimiento total del periodo en millones de pesos
INGRESO SEMILLA TOTAL	EL ingreso total del periodo en millones de pesos dividido en el número de bultos de semillas utilizadas
RECOLECCION TOTAL	La cantidad total recolectada de algodón
ABONAMIENTO TOTAL	La cantidad total de abono utilizado.
PLAGAS TOTAL	La cantidad total de plagas eliminada manualmente.
HERBICIDAS TOTAL	La cantidad total de plagas herbicidas utilizados.
MALEZAS TOTAL	La cantidad total de maleza cortada en gramos.
CANTIDAD POR HECTÁREA	Cantidad de semillas utilizados por hectárea

Debe señalarse que el tamaño de la muestra es de 201 registros y que de estos, 85 son muestras de semillas transgénicas y el resto son convencionales. A continuación se presentan los datos descriptivos de las variables:

Tabla No. 2

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
-----+-----					
-- siembratotal	201	2416548	4662134	76700	3.62e+07
costofinan~1	201	1035376	2019708	45859.36	1.84e+07
rendimient~1	201	9974.934	21149.02	350	161000
ingresosem~1	201	1.84e+09	3.84e+09	6.64e+07	2.99e+10
recoleccio~1	201	2272728	4396635	43125	3.54e+07
-----+-----					
abonamient~1	201	2128564	4514427	80800	3.96e+07
plagastotal	201	1878057	4699479	32000	5.05e+07
herbicidas~1	201	637620.5	1067793	37250	9913710
malezastotal	201	1489068	2716068	46250	3.13e+07
cantidadpo~a	201	14.14995	4.349755	1	25

VI. Resultado de las regresiones

Los resultados de las regresiones aparecen en el anexo 1. A continuación se presenta un resumen de los resultados más importantes de cada regresión.

X=variable independiente = Dummie (Uso de semillas transgénicas)

Tabla No. 3

Variables Dependiente	Coeficiente	Error	Estadístico t	Pvalor	Intervalo de confianza 95%		R2
SIEMBRA TOTAL	78.6%	10.3%	7.62	0.000	0.5829762	0.98979 78	0.6203
COSTO FINANCIERO TOTAL	42.8%	9.5%	4.47	0.000	0.2394533	0.61751 3	0.6016
RENDIMIENTO TOTAL	34.06%	10.8%	3.14	0.002	0.1266579	0.12665 79	0.5591
INGRESO SEMILLA TOTAL	32.8%	10.6%	3.07	0.002	0.1178369	0.53938 69	0.5616
RECOLECCION TOTAL	29.9%	11.8%	2.52	0.012	0.0653998	0.53417 1	0.5038
ABONAMIENTO TOTAL	30.23%	10.9%	2.76	0.006	0.0860598	0.51868 2	0.5392
PLAGAS TOTAL	0.7%	7.7%	0.09	0.925	-0.1457783	0.16035 97	0.0220
HERBICIDAS TOTAL	21.3%	10.25%	2.08	0.039	0.0108469	0.41523 74	0.5018
MALEZAS TOTAL	15.1%	9.6%	1.57	0.118	-0.0388986	0.34276 6	0.5030
CANTIDAD POR HECTAREA	-30%	5.2%	-5.70	0.000	-0.4050317	- 0.19687 05	0.1459

Teniendo en cuenta los resultados se concluye que manteniendo todo constante pero cambiando de usar semillas convencionales a transgénicas se genera un aumento de los kilos de algodón recolectados en un 29.9 %. Bajo las mismas condiciones la cantidad total de plantas sembradas exitosamente aumenta en 78.6% y esta es la semielasticidad más alta identificada entre las variables analizadas. A esto debe acompañarlo el hecho de que manteniendo todo constante, la cantidad de semillas por hectárea se reduce en un 30% cuando se pasa de usar semillas convencionales a usar semillas transgénicas. Entonces se concluye que el uso de semillas transgénicas aumenta notablemente la producción y reduce también la cantidad de semillas necesarias por hectárea.

Este nuevo nivel productivo les ha significado a los productores una reducción en sus costos, ya que utilizando menos semillas pueden obtener un nivel igual o mayor de producción.

Por otro lado, los resultados muestran que los costos financieros aumentan notablemente, pues las semillas transgénicas son más costosas, lo cual le exige a los cultivadores aumentar sus niveles de apalancamiento. Además, el uso de este tipo de semillas no tiene ningún efecto en el surgimiento de nuevas plagas ya que este coeficiente no es significativo estadísticamente y tampoco tiene ningún efecto en el aumento de la maleza por lo que el coeficiente no es significativo estadísticamente. El uso de herbicidas aumenta en 21.3%.

Sin embargo al tener en cuenta el aumento de los costos y el aumento de los ingresos, el resultado que muestran las regresiones Multivariadas es que el rendimiento total aumenta en un 34.06% al usar semillas transgénicas.

Cabe señalar que el impacto sobre el medio ambiente también es notable pues el uso de herbicidas tiene efectos negativos sobre la capa de ozono, cultivos aledaños y sobre las especies animales de la zona; pero este análisis corresponde a un estudio diferente, el cual puede ser abordado posteriormente a partir de este trabajo.

VI.I Comparación con metodologías tradicionales

Según la Asociación de agricultores de Colombia, los productores de algodón utilizan métodos básicos para identificar los efectos de cambiar semillas transgénicas por convencionales. Estos métodos consisten en calcular promedios sobre las mismas variables

mencionadas más arriba condicionando respecto a si se usó semillas transgénicas o no y comparando el cambio en el promedio.

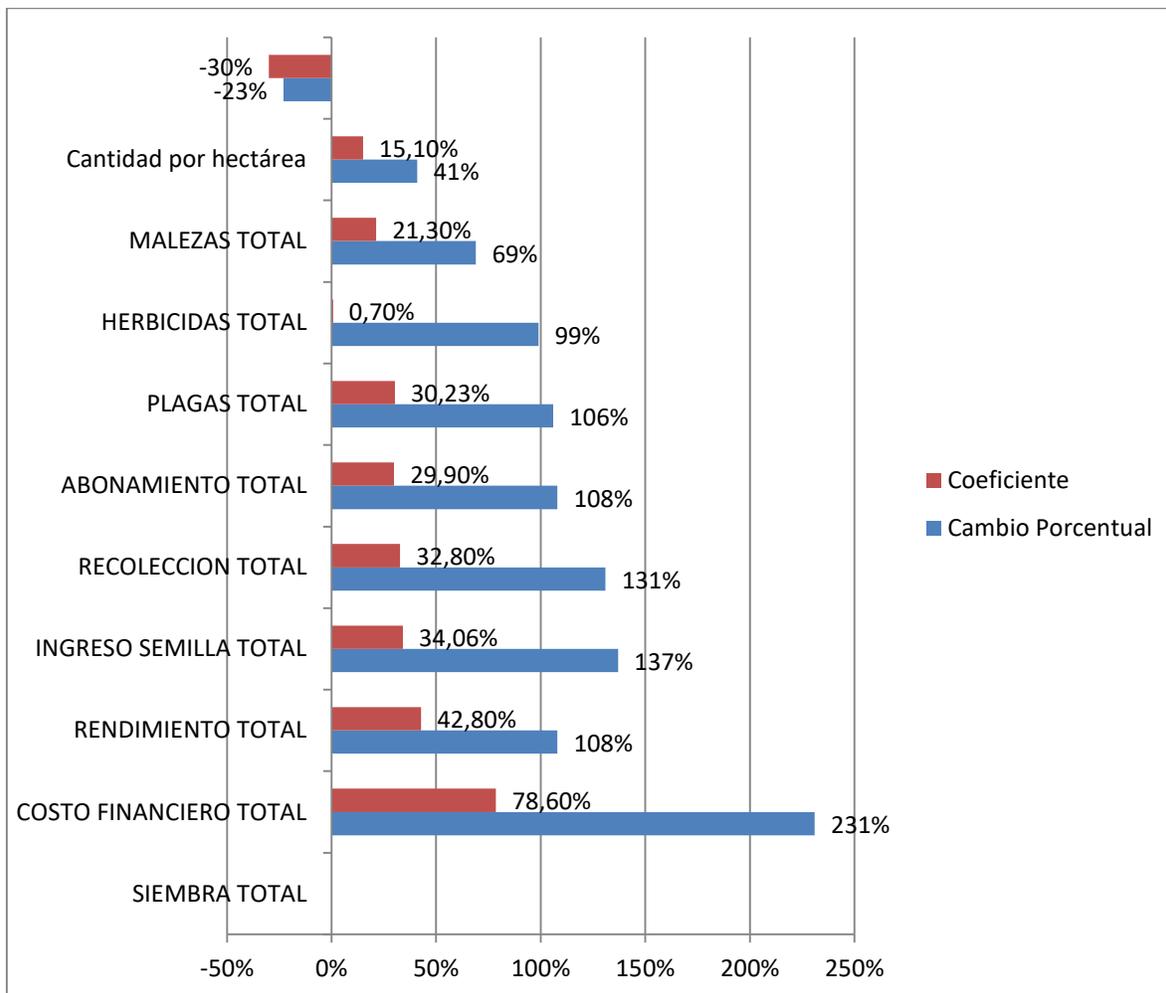
A continuación se utiliza esta estrategia para identificar que tanto se aproxima a los resultados obtenidos de las estrategias de regresiones multivariadas. Se calculó el promedio de las variables anteriores para semillas transgénicas y para semillas convencionales, el cambio porcentual que se evidencia en estos promedios la variable. Luego, se comparó este resultado con el coeficiente obtenido de la regresión.

Tabla No. 4

Variables	Promedio con semilla Convencional	Promedio con semillas Transgénica	Cambio Porcentual	Coeficiente
SIEMBRA TOTAL	1,223,024.62	4,045,356.16	231%	78.6%
COSTO FINANCIERO TOTAL	710,979.67	1,478,081.87	108%	42.8%
RENDIMIENTO TOTAL	6,323.29	14,958.36	137%	34.06%
INGRESO SEMILLA TOTAL	1,182,221,539.73	2,728,529,013.93	131%	32.8%
RECOLECCION TOTAL	1,562,169.57	3,242,431.79	108%	29.9%
ABONAMIENTO TOTAL	1,467,726.75	3,030,412.67	106%	30.23%
PLAGAS TOTAL	1,324,912.78	2,632,935.23	99%	0.7%
HERBICIDAS TOTAL	492,869.97	835,162.33	69%	21.3%
MALEZAS TOTAL	1,270,299.18	1,787,622.03	41%	15.1%
CANTIDAD POR HECTÁREA	15.65	12.11	-23%	-30%

A continuación se presenta la gráfica correspondiente:

Gráfica No. 3



VII. Conclusiones

A nivel mundial hay un fuerte debate sobre el uso de los Organismos Genéticamente Modificados y la experiencia colombiana se enmarca dentro de este, encontrándose diferentes puntos de vista y resultados diversos que en ocasiones no son concluyentes. Por un lado en las flores y en el maíz, la experiencia ha sido satisfactoria, aunque haya un fuerte debate por lo que representa el maíz en la cultura y las posibilidades de que se altere la diversidad producto de la contaminación de semillas transgénicas. En cuanto al algodón, este estudio pretendió hacer una revisión para el departamento de Córdoba, que comprendiera el impacto en rendimientos y costos del algodón cuando se hacía uso de las semillas transgénicas en la cosecha 2007-2008.

Se encontró que a pesar de que los costos en insumos son significativamente más altos, en especial en las semillas, estos parecen ser compensados con mayores rendimientos en el campo, menores costos en mano de obra y menores costos en combatir lepidópteros. Se tuvo en promedio beneficio positivo en las siembras de semilla transgénica en contraste con las semillas convencionales. No obstante, no existe algún efecto en aplicación de plaguicidas para combatir otras plagas.

Es importante resaltar que para la cosecha de 2012-2013, solo hubo una finca que uso semilla convencional. Lo anterior se debe no solo por el rendimiento de las semillas transgénicas, sino por la falta de disponibilidad de otras variedades de semillas en el mercado. La excesiva concentración de mercado de semillas transgénicas y la dependencia hacia pocas empresas debe llamar al Estado a través del ICA, del Ministerio de Agricultura y de Corpoica en alianza con Conalgodón a jugar un papel mucho más activo en investigación, de tal forma que no solo se haga uso de tecnología importada, sino que se brinden mayores herramientas y acceso a insumos a los cultivadores, haciendo uso del contexto y las características propias de cada región.

El aumento de los ingresos que se percibe de usar semillas transgénicas se debe principalmente al aumento en los niveles de producción que permiten las alteraciones genéticas. Estas aumentan la producción a 2.5 veces la producción de las semillas

convencionales. Lo cual se refleja en un aumento de los ingresos en un 32.8%. Por otro lado, se debe señalar que el uso de herbicidas aumenta considerablemente. Los resultados señalan que el número de plagas no incrementa y que las malezas tampoco. Según los resultados esta práctica es favorable puesto que no aumenta la maleza ni tampoco la presencia de otras plagas, lo cual disminuiría los costos a largo plazo ayudando a pequeños agricultores puesto que el beneficio parece ser mayor que el costo y permitirá volver a la competitividad obtenida décadas atrás sin necesidad de estar subsidiando a los cultivadores de algodón como en otros países. También, puede abrirse el espacio para investigar sobre el efecto de los herbicidas en el medio ambiente y medir el impacto biológico de las semillas transgénicas, pues el cambiante mundo tiene exigencias cada vez mayores y el aumento en el uso de semillas transgénicas podría llegar a tener algún tipo de consecuencia en los consumidores y así afectar la estabilidad del ecosistema y la cadena alimenticia como la conocemos hoy en día.

Debe señalarse también que hay un sesgo en la estrategia metodológica utilizada por los productores pues las comparaciones que hacen surgen de metodologías tradicionales que sobrestiman los rendimientos de utilizar semillas transgénicas. Por eso este trabajo deja como recomendación utilizar una metodología de regresión log-nivel, incluyendo un control por el tamaño del cultivo para tener una medida más aproximada del verdadero efecto de usar semillas transgénicas sobre las variables mencionadas.

Finalmente, si el Estado quiere seguir apoyando el cultivo de algodón en el país, resultaría interesante analizar otras alternativas como el algodón orgánico, el cual podría abrir otros mercados, teniendo responsabilidad sobre el medio ambiente. Para trabajos futuros se podría realizar un análisis en el tiempo para los cultivos de algodón utilizando otra metodología. Así mismo un análisis detallado de otros cultivos como el maíz brindaría mayores herramientas para la toma de decisiones y para aterrizar aún más el debate actual.

VIII. Bibliografía

Byrne, P., Ward, S., & Harrington, J. (2004). Cultivos transgénicos: Una introducción y guía a recursos. Historia de Mejoramiento de Plantas. On line: <http://cls.casa.colostate.edu/cultivostransgenicos/sp_history>

Cardona I., Fonseca L., Magalhaes E., Ruiz L., Zambrano P. (2008). Impacto socioeconómico del algodón Bt en Colombia. IFPRI.

Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC (2007). Guía del Exportador de Algodón. Ginebra.

Comité Consultivo Internacional del Algodón (2012). Algodón: Revista de la situación mundial.

Elmore, R. W., Roeth, F. W., Nelson, L. A., Shapiro, C. A., Klein, R. N., Knezevic, S. Z., & Martin, A. (2001). Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lines. *Agronomy Journal*, 93(2), 408-412.

El Universal (2013). Algodoneros de Córdoba culpan a Monsanto por pérdidas millonarias. Publicado el 17 de abril de 2013. Consultado el 5 de octubre de 2013. Recuperado de <<http://www.eluniversal.com.co/monteria-y-sincelejo/local/algodoneros-de-cordoba-culpan-monsanto-por-perdidas-millonarias-116283>>

Fernandez-Cornejo, J., & MacBride, W. D. (2002). Adoption of bioengineered crops. *Agricultural Economic Report/United States Department of Agriculture, Economic Research Service* (, (810).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2001). The state of food insecurity in the world.

Gillespie, M. W. (1977). Log-linear techniques and the regression analysis of dummy dependent variables further bases for comparison. *Sociological Methods & Research*, 6(1), 103-122.

González, J. M. (2009). Presentación convocatoria maestría 2007. Universidad de los Andes. Consultado el 23 de septiembre de 2013. Recuperado de <<http://jmgonzal.uniandes.edu.co/Documentos/Presentaci%C3%B3n%20convocatoria%20maestr%C3%ADa%202007I.pdf>>

Imhoff, M. L., Bounoua, L., Ricketts, T., Loucks, C., Harriss, R., & Lawrence, W. T. (2004). Global patterns in human consumption of net primary production. *Nature*, 429(6994). Pág. 870

Ismael, Y., Bennett, R., & Morse, S. (2002). Farm-level economic impact of biotechnology: Smallholder Bt cotton farmers in South Africa. *Outlook on Agriculture*, 31(2), 107-111.

Krugman P., Wells, R. (2006). *Introducción a la economía: microeconomía*. Barcelona : Reverté

Maldonado, J., Zambrano, P., Mendoza, S., Ruiz, L., Fonseca, L., Cardona, I. (2011). *Women Cotton Farmers: Their Perceptions and Experiences with Transgenic Varieties*. IFPRI.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Hacienda y Crédito Público y DNP DNP (2005). *Conpes 3401, Política para mejorar la competitividad del sector algodonero colombiano*.

Monsanto (2009). Una nueva tecnología en Algodón permitirá reducir en un tercio la aplicación de agroquímicos. Consultado el 17 de septiembre de 2013. Publicado el 1 de febrero de 2009. Recuperado de <<http://www.monsanto.com/global/ar/noticias-y-opiniones/pages/20090201.aspx>>

Nerlove, M., & Press, S. J. (1973). *Univariate and multivariate log-linear and logistic models* (Vol. 1306). Santa Monica, Calif: Rand Corporation.

Nicholson, W. (2007). *Teoría microeconómica: principios básicos y ampliaciones*. Cengage Learning Editores.

Portafolio (2011). *Multa a Monsanto por semillas*. Publicado el 8 de julio de 2011. Consultado el 13 de agosto de 2013. Recuperado de <<http://www.portafolio.co/negocios/multa-monsanto-semillas>>

Portafolio (2009). *ICA fortalecerá programas de acompañamiento a las empresas que comercializan semillas transgénicas de algodón*. Publicado el 20 de marzo de 2009. Consultado el 23 de agosto de 2013. Recuperado de <http://www.portafolio.co/detalle_archivo/CMS-4890621>

Prieto F., Soler Y. (1982). Bonanza y crisis del oro blanco en Colombia 1960-1980. Publicado por Editográficas Ltda. Bogotá D.C.

Rees, A. (2008). Alimentos modificados genéticamente: una guía breve para las personas confundidas (Vol. 12). Intermón Oxfam Editorial.

Terán A. (2008). ¿Son benéficos los cultivos transgénicos?. En: Blanco C. (2008). Cultivos transgénicos para la agricultura latinoamericana. Fondo de Cultura Económica. México D. F.

Traxler, G., Godoy-Avila, S., Falck-Zepeda, J., & de Jesus Espinoza-Arellano, J. (2003). Transgenic cotton in Mexico: A case study of the Comarca Lagunera. In The economic and environmental impacts of agbiotech (pp. 183-202). Springer US.

Wang, S., Just, D.R., & Pinstrip-Andersen, P. (2006). Damage from Secondary Pests and the Need for Refuge in China. In J. Alston, R.E. Just, & D. Zilberman, D. (Eds.), Regulating Agricultural Biotechnology: Economics and Policy. New York: Springer.

Anexo 1 Resultado de regresiones

. reg logsiemtot dummie lote

Source	SS	df	MS	Number of obs =	201
-----+-----					
Model	162.769668	2	81.3848339	F(2, 198) =	161.71
Residual	99.6475508	198	.503270459	Prob > F =	0.0000
-----+-----					
Total	262.417219	200	1.31208609	R-squared =	0.6203
-----+-----					
				Adj R-squared =	0.6164
				Root MSE =	.70942

logsiemtot	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
-----+-----					
dummie	.786387	.1031486	7.62	0.000	.5829762 .9897978
lote	.0905484	.0062219	14.55	0.000	.0782786 .1028182
_cons	12.34261	.1525805	80.89	0.000	12.04171 12.6435

. reg logcostofin dummie lote

Source	SS	df	MS	Number of obs =	201
-----+-----					
Model	129.93305	2	64.9665252	F(2, 198) =	149.48
Residual	86.055717	198	.434624833	Prob > F =	0.0000
-----+-----					
Total	215.988767	200	1.07994384	R-squared =	0.6016
-----+-----					
				Adj R-squared =	0.5975
				Root MSE =	.65926

```
-----
```

logcostofin	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dummie	.4284831	.0958561	4.47	0.000	.2394533	.617513
lote	.0899471	.0057821	15.56	0.000	.0785448	.1013495
_cons	12.12258	.1417932	85.49	0.000	11.84296	12.4022

```
-----
```

. reg logrdttotot dummie lote

Source	SS	df	MS	Number of obs =	201
Model	139.880048	2	69.9400242	F(2, 198) =	125.52
Residual	110.328387	198	.557214075	Prob > F =	0.0000
Total	250.208435	200	1.25104218	R-squared =	0.5591
				Adj R-squared =	0.5546
				Root MSE =	.74647

```
-----
```

```
-----
```

logrdttotot	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dummie	.3406926	.1085359	3.14	0.002	.1266579	.5547274
lote	.0959552	.0065469	14.66	0.000	.0830445	.1088658
_cons	7.448345	.1605496	46.39	0.000	7.131739	7.764952

```
-----
```

. reg logingrsem dummie lote

Source	SS	df	MS	Number of obs =	201
Model	137.072793	2	68.5363963	F(2, 198) =	126.83
				Prob > F =	0.0000

```

Residual | 106.993418   198   .540370797          R-squared    = 0.5616
-----+-----
Total    | 244.06621   200   1.22033105          Root MSE     = 0.7351

```

```

-----+-----
logingrsem |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-----+-----
dummie    |   .3286119   .1068829     3.07   0.002     .1178369   .5393869
lote      |   .0951881   .0064472    14.76   0.000     .0824741   .1079021
_cons     |   19.61099   .1581045    124.04   0.000     19.29921   19.92278

```

```
. reg logreco dummie lote
```

```

Source |      SS      df      MS          Number of obs =    201
-----+-----
Model  |  134.308816     2   67.1544079          F( 2, 198) = 100.50
Residual |  132.306399   198   .668214138          Prob > F    = 0.0000
-----+-----
Total  |  266.615215   200   1.33307607          R-squared    = 0.5038
                                          Adj R-squared = 0.4987
                                          Root MSE     = 0.81744

```

```

-----+-----
logreco |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-----+-----
dummie  |   .2997854   .1188558     2.52   0.012     .0653998   .534171
lote    |   .0947993   .0071694    13.22   0.000     .0806611   .1089375
_cons   |   12.97475   .175815     73.80   0.000     12.62804   13.32146

```

```
. reg logabon dummie lote
```

```

Source |      SS      df      MS          Number of obs =    201

```

-----+-----				F(2, 198) = 115.83
Model		131.83897	2 65.9194848	Prob > F = 0.0000
Residual		112.687671	198 .569129653	R-squared = 0.5392
-----+-----				Adj R-squared = 0.5345
Total		244.526641	200 1.2226332	Root MSE = .75441

logabon		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----							
dummie		.3023709	.1096903	2.76	0.006	.0860598	.518682
lote		.0938047	.0066165	14.18	0.000	.0807568	.1068527
_cons		12.9259	.1622571	79.66	0.000	12.60593	13.24587

. reg logplagas dummie lote

Source		SS	df	MS	Number of obs = 201
-----+-----					
Model		1.27158696	2	.635793478	F(2, 198) = 2.23
Residual		56.4277975	198	.284988876	Prob > F = 0.1101
-----+-----					
Total		57.6993844	200	.288496922	R-squared = 0.0220
-----+-----					
					Adj R-squared = 0.0122
					Root MSE = .53384

logplagas		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----							
dummie		.0072907	.0776205	0.09	0.925	-.1457783	.1603597

lote		.009619	.0046821	2.05	0.041	.0003858	.0188521
_cons		12.46951	.1148186	108.60	0.000	12.24308	12.69593

. reg logherbidas dummie lote

Source	SS	df	MS	Number of obs = 201		
-----+-----				F(2, 198) = 99.70		
Model	99.1593637	2	49.5796819	Prob > F = 0.0000		
Residual	98.4602166	198	.497273821	R-squared = 0.5018		
-----+-----				Adj R-squared = 0.4967		
Total	197.61958	200	.988097902	Root MSE = .70518		

logherbici~s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
dummie	.2130421	.1025322	2.08	0.039	.0108469	.4152374
lote	.0823981	.0061848	13.32	0.000	.0702016	.0945945
_cons	12.09728	.1516687	79.76	0.000	11.79819	12.39637

. reg logmalezas dummie lote

Source	SS	df	MS	Number of obs = 201		
-----+-----				F(2, 198) = 100.21		
Model	88.7809881	2	44.3904941	Prob > F = 0.0000		
Residual	87.7046491	198	.442952773	R-squared = 0.5030		
-----+-----				Adj R-squared = 0.4980		
Total	176.485637	200	.882428186	Root MSE = .66555		

```
-----
```

logmalezas	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dummie	.1519337	.0967701	1.57	0.118	-.0388986	.342766
lote	.0789158	.0058372	13.52	0.000	.0674047	.0904268
_cons	13.09233	.1431452	91.46	0.000	12.81005	13.37462

```
-----
```

```
. reg logcanthec dummie lote
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	201
Model	4.45719133	2	2.22859567	F(2, 198) =	16.91
Residual	26.089047	198	.131762863	Prob > F =	0.0000
Total	30.5462383	200	.152731191	R-squared =	0.1459
				Adj R-squared =	0.1373
				Root MSE =	.36299

```
-----
```

```
-----
```

logcanthec	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dummie	-.3009511	.0527787	-5.70	0.000	-.4050317	-.1968705
lote	.0070143	.0031836	2.20	0.029	.0007361	.0132924
_cons	2.98211	.0780719	38.20	0.000	2.828151	3.13607

```
-----
```