



Adopción tecnológica en el sector rural: Efectos de corto plazo de los incentivos monetarios.

Un enfoque experimental.

Liliana López Valencia

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Escuela de Geociencia
Medellín, Colombia

2013

Adopción tecnológica en el sector rural: Efectos de corto plazo de los incentivos monetarios.

Un enfoque experimental.

Liliana López Valencia

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Director (a):

Ph.D., Clara Inés Villegas Palacio

Línea de Investigación:

Economía del comportamiento y economía experimental

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Escuela de Geociencias
Medellín, Colombia

2013

Technological adoption in the rural sector: Short-term effects of monetary incentives.

An experimental approach.

Liliana López Valencia

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Director (a):

Ph.D., Clara Inés Villegas Palacio

Línea de Investigación:

Economía del comportamiento y economía experimental

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Escuela de Geociencias
Medellín, Colombia

2013

La concepción de este proyecto está dedicada en primer lugar a Dios, quien ha sido mi guía en cada paso que doy y mi protector durante estos años de estudio, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a mis padres (Javier y Lucia) que son los pilares fundamentales en mi vida y sin ellos jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora e obtenido. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanitos (Juanfer y Juanjo,) a quien también dedico este proyecto porque han sido la fuerza pujante para seguir adelante y la motivación para convertirme en un modelo a seguir. También dedico este proyecto a mi novio, Mi Cielito, compañero inseparable de cada jornada. Él representó el gran esfuerzo y tesón en momentos de declive y cansancio, además fue mi gran apoyo y asesor en el manejo de algunos temas que me dieron dificultad durante el desarrollo de la investigación. Por último y no menos importante a mi Abuela (Edelmira), que desde el cielo ha intercedido por mí y como ángel de compañía ha guiado cada paso que doy y a mi Tía Piedad que siempre se ha sentido orgullosa de mis logros y por eso me inspira a seguir adelante. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

Agradecimientos

Al finalizar esta investigación es necesario hacer una parada para expresar mi gratitud a todos los que de una u otra forma han contribuido a la culminación de este trabajo. Las manifestaciones rutinarias de gratitud son apropiadas sólo para pequeñas deudas, sin embargo, la mía es grande.

Ésta se dirige, en primer lugar y muy especialmente a mi directora de Tesis, las profesoras Clara Inés Villegas, por el interés a lo largo de todo este trayecto, sus valiosos comentarios, críticas, su incondicional ayuda en todo momento, porque más que una guía para el desarrollo de la tesis, fue una gran amiga que me dio grandes consejos en los momentos que más los necesitaba. Una gran profesional y excelente guía que con su predisposición han hecho de este trabajo un camino mucho más fácil.

Un gran dios le pague a la empresa de Internonexiones S.A – ISA, por su importante apoyo económico durante los cuatro semestres que duró mi maestría, una ayuda que facilitó enormemente mi desarrollo académico, además una gran motivación para trabajar con gran empeño en el desarrollo mi tesis.

Quiero también agradecer a todos mis compañeros que hacen parte del grupo de profesores y profesionales que participan en el proyecto **VALORACION ECONOMICA, ECOLÓGICA Y SOCIO – CULTURAL DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO GRANDE**, que se desarrolla marco del convenio Corantioquia, Universidad de Antioquia y Universidad Nacional, en especial a los profesionales, colegas y amigos: Claudia Álvarez, Connie López, Andrea Guzmán, Aura Ruiz, por todos sus aportes, apoyo y solidaridad durante la realización de este trabajo de investigación. Además, quiero agradecerle enormemente al Ingeniero Agrícola, amigo y colega, Pedro Aguirre Patiño por su incondicional y desinteresada ayuda en el proceso de convocatoria para los juegos experimentales, llevados a cabo con estudiantes de la Universidad Nacional.

Y, cómo no, el más profundo agradecimiento a mi familia que, en definitiva, han sido el empuje que necesitaba para culminar exitosamente este trabajo y a quienes agradezco cada palabra de aliento que me brindaron en los momentos críticos. Ellos me han acompañado y sufrido durante todo el tiempo que ha durado esta investigación. Por cada palabra de aliento de mi hermanito Juanfer y porque constantemente me preguntaba cómo iba con el desarrollo de mi tesis, por la manifestación de preocupación de mis padres y mi hermanito Juanjo cuando las cosas no salían según lo planeado y por la paciencia que ha tenido mi novio ante mi descuido con la relación.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN.....	7
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABLAS.....	12
TABLA DE ANEXOS.....	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	19
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	20
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 . ANTECEDENTES	21
2.1.1 <i>Estudios de adopción de tecnologías</i>	21
2.1.2 <i>Economía experimental y economía del comportamiento</i>	25
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	28
3.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
3.1.1. <i>Población y muestra</i>	29
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	30
3.2.1 <i>Encuesta</i>	32
3.2.1.1 <i>Selección de los productores a encuestar</i>	32
3.2.1.2 <i>Diseño y aplicación de la encuesta piloto</i>	33
3.2.1.3 <i>Diseño y aplicación de encuesta final y construcción de la base de datos.</i>	34
3.2.2 <i>Diseño y aplicación de juegos experimentales</i>	35
3.2.2.1 <i>Diseño Experimental</i>	35
3.2.2.2 <i>Aplicación Experimental y Procedimientos</i>	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	47
4.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA	47
4.1.1 <i>Análisis descriptivo de los resultados</i>	47
4.1.2 <i>Análisis de dependencia estadística entre variables de adopción tecnológica</i>	55
4.2 ANÁLISIS DE JUEGOS EXPERIMENTALES	65
4.1.1 <i>Análisis socioeconómico</i>	66
4.2.2 <i>Decisiones de adopción</i>	68
4.2.2.1 <i>Interacción con variables socio-económicas</i>	71
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES.....	76
CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA.....	79

Resumen

Hoy en el mundo, se reconoce la importancia de la producción agrícola y pecuaria para los temas de seguridad alimentaria, sin embargo a la par con esto, se reconocen los daños producidos al medio ambiente por la sobre explotación de los recursos naturales en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Algunos de estos daños pueden ser reducidos en gran medida a través de la adopción de tecnologías y prácticas de producción más sostenibles desde el punto de vista ambiental. El objetivo del presente estudio es explorar las preferencias de los individuos en cuanto a la adopción de tecnologías y prácticas de producción que sean favorables con el cuidado del medio ambiente, en el sector agrícola y pecuario y cómo diferentes esquemas regulatorios como impuestos y subsidios (garrote y zanahoria) pueden influir en las decisiones de adopción tecnológica de los productores.

En trabajos realizados previamente se evidencia que existe interacción entre los instrumentos regulatorios de tipo económico con las motivaciones de los individuos (Cárdenas, Stranlund y Willis, 2000). Es necesario explorar la influencia que estas interacciones pueden tener sobre el comportamiento individual y como dichas interacciones pueden en principio facilitar o por el contrario entorpecer el alcanzar el óptimo social en las decisiones de los individuos.

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto, el trabajo se estructuró en dos partes correspondiente a dos estrategias metodológicas para abordar la pregunta de investigación. En la primera parte del estudio se abordó un caso de estudio en el que se presenta la línea base que permite hacer un diagnóstico inicial sobre el uso de las principales tecnologías y prácticas de producción agrícola y pecuaria, con productores en el Municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. Para esta primera etapa, se desarrolló una encuesta a 186 tenedores de tierra (bien fuera propietario, arrendatario, mayordomos o técnico agropecuario) preguntando fundamentalmente sobre el uso de prácticas y tecnologías agropecuarias que de una u otra forma están favoreciendo al cuidado del medio ambiente, además se preguntó por la percepción que ellos tenían con respecto a las mejoras económicas y ambientales que percibían cuando hacían uso de estas herramientas.

La segunda estrategia metodológica adoptada se basó en las técnicas de economía experimental. Se desarrolló con estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Sede Medellín, particularmente de Ingeniería Agrícola, Ingeniería Agronómica, Ingeniería Forestal y Zootecnia. El diseño experimental intentó

recrear una situación en la cual los participantes tomaban decisiones acerca de la adopción de dos tipos de finca de producción agropecuaria: una finca convencional y otra finca con prácticas de producción más amigables con el medio ambiente. Para la implementación del experimento se diseñaron tres tratamientos: Tratamiento control, tratamiento con subsidio y tratamiento con impuesto. El juego se desarrolló en tres etapas cada una con seis (6) periodos: En la primera etapa los participantes eligieron la finca con la cual deseaban producir, en esta no se presentaron instrumentos regulatorios. En la segunda etapa en los tratamientos con subsidio y con impuesto se usaron instrumentos regulatorios para incentivar la adopción de la finca ecológica. Por último, en la tercera parte se eliminaron los instrumentos asignados en la segunda parte con el fin de determinar si el efecto de los instrumentos regulatorios permanece después de haber sido eliminados.

Los resultados experimentales dan cuenta de la existencia de preferencias sociales y ambientales en los individuos, que influyen en la adopción de prácticas y tecnologías de producción que sean favorables con el cuidado del medio ambiente. De la encuesta realizada en la microcuenca el Hato en el Municipio de San Pedro de los Milagros se pudo inferir que los participantes consideran importante el beneficio que la adopción de mejores prácticas de producción otorga al cuidado del medio ambiente, sin dejar a un lado la importancia que dicho beneficio genera en sus ganancias de producción.

En síntesis, la investigación permitió evidenciar la presencia de preferencias sociales y ambientales que fueron motivadas por decisiones intrínsecas y no por los instrumentos evaluados en la investigación (subsidiros e impuestos). Por lo tanto, los beneficios aportados por la protección de los recursos naturales sin dejar a un lado la importancia que dichos beneficios generan en sus ganancias de producción, son importantes para los participantes y esto se reflejó en las respuestas dadas tanto por los productores encuestados como en las decisiones tomadas por los participantes del juego experimental.

Palabras clave: Sistemas de producción, economía experimental, preferencias sociales, modelos económicos.

Abstract

Today in the world, it is recognized the importance of agricultural and husbandry production for food security issues. However, at the same time, damages caused to the environment by over-exploitation of natural resources in developing agricultural and husbandry activities are also recognized. Some of these damages can be greatly reduced through the adoption of technologies and production practices more sustainable from an environmental viewpoint. The purpose of this study is to explore preferences of individuals regarding the adoption of technologies and production practices in favor of protecting the environment, the agricultural and husbandry areas, and how different regulatory schemes such as taxes and subsidies (stick and carrot) can influence the technological adoption decisions made by producers.

In prior works, it is shown that there is an interaction between regulatory instruments of economic kind and motivations of individuals (Cardenas, Stranlund and Willis, 2000). It is necessary to explore the influence these interactions can have on individual behavior and how these interactions can initially facilitate or otherwise hinder the achievement of the social optimum in the decisions made by individuals.

To fulfill the goal set, the work was divided into two parts corresponding to two methodological strategies to address the research question. In the first part of the study, it was addressed a case study which presents the baseline which allows for an initial diagnosis regarding the use the major technologies and practices of agricultural and husbandry production, with producers in the municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia. For this first stage, we developed a survey to 186 landholders (owners, lessees, administrators or agricultural technicians) primarily asking on the use of agricultural practices and technologies that in a way or another are favoring the environment. We also asked about the perception that they had regarding economic and environmental improvements perceived when using of these tools.

The second methodological strategy adopted was based on the techniques of experimental economy. It was developed with students from the Universidad Nacional Faculty of Agricultural Sciences, Medellin Campus, particularly from the Agricultural Engineering, Forestry Engineering, and Animal Science programs. The experimental design attempted to recreate a situation in which participants made decisions about adoption of two types of agricultural production farm: one conventional farm and another with more environmental-friendly production practices. To implement the experiment, three treatments were designed: monitoring treatment, treatment with subsidy, and treatment with tax. The practice was developed in three stages each with six (6) periods: In the first stage, participants chose the property with which they wished

to produce. No regulatory instruments were used. In the second stage, in treatments with subsidy and tax, regulatory instruments were used to encourage the adoption of an organic farm. Finally, in the third part, instruments assigned in the second part were removed in order to determine whether the effect of regulatory instruments remains after being eliminated.

Experimental results account for the existence of social and environmental preferences in individuals, influencing the adoption of production practices and technologies that are favorable to protect the environment. From the survey conducted at watershed called “Hato”, in the municipality of “San Pedro de los Milagros”, it was concluded that participants considered important the benefit that the adoption of better production practices provide to the environment, including the significance that such benefit generates in their production profits.

In short, the research allowed demonstrating the presence of social and environmental preferences, factors that were motivated by intrinsic decisions and not by the instruments evaluated in the research (subsidies and taxes). Therefore, benefits provided by the protection of natural resources as well as the meaning of those generated in their production gains are important to the participants. This was reflected in the answers given by producers surveyed as well as on the decisions made by participants of the experimental practice.

Keywords: Production systems, experimental economy, social preferences, economic models.

Lista de Figuras

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO.....	28
FIGURA 2. MAPA POLÍTICO RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.....	29
FIGURA 3. FLUJOGRAMA DEL PROCESO METODOLÓGICO.	31
FIGURA 4. FICHAS DESCRIPTIVAS DE LOS TIPOS DE FINCA A SER ADOPTADA.	37
FIGURA 5. TARJETA DE DECISIÓN.....	43
FIGURA 6. FORMATO HOJA DE CUENTAS DEL JUGADOR.	44
FIGURA 7. TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS PRESENTADAS POR LA POBLACIÓN MUESTRA ENCUESTADA.	49
FIGURA 8. MOTIVACIONES DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS, RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA (A), COMPOSTAJE (B), BIODIGESTOR (C) Y LOMBRICULTIVO (D).....	50
FIGURA 9. TECNOLOGÍAS PECUARIAS PRESENTADAS POR LA POBLACIÓN MUESTRA ENCUESTADA.....	51
FIGURA 10. OTRAS TECNOLOGÍAS PRESENTADAS POR LA POBLACIÓN MUESTRA ENCUESTADA.....	52
FIGURA 11. PERCEPCIONES DE GANANCIA DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA EN LA MICROCUENCA EL HATO.	53
FIGURA 12. PERCEPCIONES DE IMAGEN DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA EN LA MICROCUENCA EL HATO...	54
FIGURA 13. PERCEPCIÓN DE ADOPCIÓN DE LOS ENCUESTADOS EN LA MICROCUENCA EL HATO.	55
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LOS PARTICIPANTES POR: A) CARRERA Y B) SEMESTRE QUE ESTÁ CURSANDO.	67
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE LOS PARTICIPANTES CON CONOCIMIENTOS EN EL MANEJO DE FINCAS Y LOS QUE ASEGURARON TENER UNA FINCA.	68
FIGURA 16. PORCENTAJE DE ADOPCIÓN FINCA 2 EN EL TRATAMIENTO CONTROL.	68
FIGURA 17. PORCENTAJE DE ADOPCIÓN FINCA 2 EN EL TRATAMIENTO CON SUBSIDIO Y EN EL TRATAMIENTO CON IMPUESTO.	69
FIGURA 18. PORCENTAJE DE ADOPCIÓN FINCA 2 EN CADA PERIODO DE LOS TRES TRATAMIENTOS: A) TRATAMIENTO CONTROL, B) TRATAMIENTO CON SUBSIDIO Y C) TRATAMIENTO CON IMPUESTO.....	69
FIGURA 19. PORCENTAJE DE ADOPCIÓN FINCA 2 EN LOS TRES TRATAMIENTOS POR SEXO: A) TRATAMIENTO 1, B) TRATAMIENTO 2 Y C) TRATAMIENTO 3.	71
FIGURA 20. PORCENTAJE DE ADOPCIÓN FINCA 2 EN LOS TRES TRATAMIENTOS POR GRADO DE ARRIESGO: A) TRATAMIENTO 1, B) TRATAMIENTO 2 Y C) TRATAMIENTO 3.	73

Lista de Tablas

TABLA 1. PREDIOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS Y MUESTRA SELECCIONADA PARA ENCUESTA EN LA CUENCA EL HATO POR RANGO DE ÁREA.	33
TABLA 2. COMPOSICIÓN DE LA ENCUESTA PARA LA LÍNEA BASE DE TECNOLOGÍAS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO.	34
TABLA 3. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LOS TRES TRATAMIENTOS: CONTROL, CON SUBSIDIO Y CON IMPUESTO.	36
TABLA 4. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES PRODUCCIÓN LIMPIA Y COMPOSTAJE.	56
TABLA 5. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES PRODUCCIÓN LIMPIA Y RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA.	57
TABLA 6. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES PRODUCCIÓN LIMPIA Y LOMBRICULTIVO.	57
TABLA 7. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES PRODUCCIÓN LIMPIA Y BIODIGESTOR.	58
TABLA 8. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS AHORRO DE AGUA Y EXISTE PROGRAMA DE AHORRO DE AGUA.	58
TABLA 9. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES TANQUE DE ENFRIAMIENTO Y ORDEÑO MECÁNICO.	59
TABLA 10. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES TANQUE ESTERCOLERO Y ORDEÑO MECÁNICO.	60
TABLA 11. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES TANQUE ESTERCOLERO Y BIODIGESTOR.	60
TABLA 12. TABLA DE CONTINGENCIA PARA LAS VARIABLES AHORRO DE AGUA Y RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA.	61
TABLA 13. RESUMEN DE LOS VALORES CALCULADOS DE CHI CUADRADO PARA LAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN CON RESPECTO A LA VARIABLE “LÍDER EN ADOPCIÓN TECNOLÓGICA”.	62
TABLA 14. RESUMEN DE LOS VALORES CALCULADOS DE CHI CUADRADO PARA LAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN CON RESPECTO A LA VARIABLE “RESPONSABILIDAD CUIDADO DE LAS FUENTES HÍDRICAS DENTRO DE MI PREDIO”.	62
TABLA 15. RESUMEN DE LOS VALORES CALCULADOS DE CHI CUADRADO PARA LAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN CON RESPECTO A LA VARIABLE “RESPONSABILIDAD CUIDADO DE LAS FUENTES HÍDRICAS EN MI VEREDA”.	62
TABLA 16. RESUMEN DE LOS VALORES CALCULADOS DE CHI CUADRADO PARA LAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN CON RESPECTO A LA VARIABLE “USO DE TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR GANANCIAS DE PRODUCCIÓN”.	63
TABLA 17. RESUMEN DE LOS VALORES CALCULADOS DE CHI CUADRADO PARA LAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN CON RESPECTO A LA VARIABLE “REALIZO ACCIONES FAVORABLES CON EL MEDIO AMBIENTE PARA AUMENTAR MIS GANANCIAS DE PRODUCCIÓN”.	64
TABLA 18. RESUMEN DE DEPENDENCIA ENTRE VARIABLES.	64
TABLA 19. RESUMEN DE VARIABLES SOCIOECONÓMICAS.	66
TABLA 20. PORCENTAJE DE ADOPCIÓN FINCA 2 EN LOS TRES TRATAMIENTOS POR INTERÉS EN LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: A) TRATAMIENTO 1, B) TRATAMIENTO 2 Y C) TRATAMIENTO 3.	74

Tabla de Anexos

ANEXO 1. Mapa de la zona de estudio con predios estratificados por rango de área.....	88
ANEXO 2. encuesta aplicada a la población rural del municipio de san pedro de los milagros, para obtener la línea base de las tecnologías implementadas en los predios.....	89
ANEXO 3. Tabla de distribución de CHI cuadrado.....	92
ANEXO 4. Invitación a la participar del experimento.....	93
ANEXO 5. Formato de consentimiento.....	94
ANEXO 6. Instrucciones Tratamiento 1.....	95
ANEXO 7. Instrucciones Tratamiento 2.....	109
ANEXO 8. Instrucciones Tratamiento 3.....	126
ANEXO 9. Encuesta final.....	144
ANEXO 10. Registros fotográficos.....	150

INTRODUCCIÓN

La humanidad para satisfacer sus necesidades e intentar trascender las fronteras del conocimiento ha hecho uso desmedido de los recursos naturales, los cuales habían sido pensados como recursos inagotables. Sin embargo, al paso de los años y con la consolidación de la cultura moderna se derrumbaron dichas creencias influyendo en la nueva forma de pensar el medio ambiente y las consecuencias que se tenían al hacer uso desmedido del mismo (Noguera, 2004).

En Colombia, las diferentes actividades que se desarrollan en el sector rural, generan de manera constante emisiones que afectan al medio ambiente. Lo anterior, sumado a la poca capacidad de gestión ambiental de los Municipios que refleja la falta de control y de autonomía de las administraciones (Gobernación de Antioquia- Departamento de Planeación, 2009) provoca problemas ambientales. El deficiente manejo de los recursos naturales y las afectaciones al medio ambiente como resultado de diversas prácticas productivas están asociadas en gran medida al uso de tecnologías de producción agrícola y pecuaria de un alto impacto ambiental. Existen diversos factores que influyen sobre el productor en el momento de seleccionar y adoptar una técnica o tecnología para implementar en su predio, entre estos se presentan, factores sociales, económicos, políticos ambientales, factores asociados con la aversión al riesgo y la incertidumbre, y factores asociados con motivaciones intrínseca por el cuidado del medio ambiente y motivaciones económicas asociadas con las ganancias de producción cuando se usan diferentes tecnologías (Andreoni, 1990; Kebede *et al.*, 1991; Leathers *et al.*, 1991; Kreps, 1997; Gintis, 2000; Gneezy y Rustichini, 2000a; Van den Bergh *et al.*, 2000; Bohnet, Frey y Huck 2001; Cárdenas, 2001; Fehr y Gächter, 2002; Bénabou *et al.*, 2003; Camerer, 2003; Cárdenas, 2003; Fehr y List, 2003; Fehr y Rockenbach, 2003; Marra *et al.*, 2003; Nyborg y Rege, 2003; Schulze y Frank, 2003 Kuntashula *et al.*, 2004; Ajayi *et al.*, 2007; Funk, 2008; Bénabou *et al.*, 2010).

Investigadores en el área social han estudiado la problemática que existen en el medio rural en cuanto al uso desmesurado de los recursos naturales. Muchas de estas problemáticas están asociadas a dilemas entre el interés particular de los agentes económicos, es decir, la maximización de beneficios económicos privados, y el interés social representado por la maximización del bienestar social (Cárdenas *et al.*, 2003). Este ha sido un punto de partida para buscar respuestas en cuanto al comportamiento de las comunidades rurales y centrarse en una posible solución para generar políticas ambientales que realmente favorezcan al cuidado y protección del medio ambiente. Por lo anterior se han implementado instrumentos económicos que buscan que las decisiones individuales generen resultados que sean socialmente aceptables a partir de diferentes mecanismos como los impuestos y subsidios (Cárdenas, 2004a, 2006).

Algunos estudios sugieren que la implementación de estos instrumentos económicos permiten que los agentes económicos obedezcan a ciertas normas y pudiera ser un modo particularmente eficaz para fomentar la cooperación y el acercamiento al óptimo social en ciertos entornos (Fehr y Gächter, 2000; Houser, 2010).

En línea con lo anterior, el presente trabajo tiene como principal objetivo estudiar los procesos de adopción de tecnologías y prácticas de producción favorables para el medio ambiente en el sector rural y su interacción con instrumentos regulatorios. Para ello, inicialmente se seleccionó una microcuenca de estudio: La microcuenca de la quebrada El Hato en el municipio de San Pedro de los Milagros. En dicha microcuenca se implementó una encuesta a 186 tenedores de tierras. En segundo lugar, y con el fin de explorar la incidencia que motivaciones de tipo ambiental y/o social tienen sobre las decisiones de adopción tecnológica en los procesos de producción agrícolas y pecuarios así como la interacción de estas motivaciones con instrumentos regulatorios económicos, se diseñaron e implementaron una serie de experimentos económicos. Para lograrlo, se ajustaron conceptual y operativamente los aportes realizados por Cárdenas *et al.*, (2001, 2004b, 2006) para diseñar el protocolo operativo de los experimentos económicos.

La Economía Experimental es una herramienta (un método de trabajo) de la Economía del Comportamiento; esta última tiene como objetivo el desarrollo de modelos teóricos del comportamiento humano en ámbitos económicos y sus consecuencias para el funcionamiento de los mercados y las instituciones (Brañas-Garza y Espinosa, 2007, 2011). En economía experimental se hace uso de experimentos en un ambiente económico, los cuales están bajo el control del investigador y permiten analizar el comportamiento humano en situaciones que replican de manera simplificada, situaciones económicas reales (Royal Swedish Academy of Science, 2002). En palabras de Ariely (2008), los experimentos son el microscopio de la economía ya que permiten analizar el comportamiento humano de manera detallada.

Los resultados del presente trabajo sugieren que los participantes, tanto los tenedores de la tierra encuestados en el caso de estudio como los participantes de los experimentos económicos, otorgan importancia a beneficios concedidos por la protección de los recursos naturales sin dejar a un lado los beneficios económicos que dicha protección les genera.

El presente documento se estructura de la siguiente manera. En el capítulo 1 se presenta el problema de investigación definiendo sus antecedentes, justificación y objetivos. El capítulo 2 y 3 presentan respectivamente el marco teórico y la estrategia metodológica a seguir. El capítulo 4 muestra y analiza los resultados de la investigación. Finalmente el capítulo 5 concluye.

Capítulo I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En éste capítulos se presentan apartes relacionados con el propósito de la investigación desarrollando temas tales como: El Planteamiento del problema y la justificación del mismo.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, muchos de los países en desarrollo basan su economía en actividades en el sector rural como la agricultura y la ganadería. Según los últimos informes anuales (2011 y 2012) de la FAO “El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo” puso de manifiesto la dificultad de garantizar un suministro suficiente de alimentos en el siglo XXI. Por ende, la tendencia de los países en desarrollo ha sido la de convertirse en países líderes en suministro de materias primas y abastecedores de alimentos (FAO, 2000, 2012). Lo anterior ha provocado la presión de la frontera agrícola y la pérdida de grandes zonas de protección y conservación que garantizaban la subsistencia de ecosistemas que prestan importantes servicios ecológicos y ambientales como reguladores de las funciones biológicas, el clima, sistemas de protección de suelos y el adecuado funcionamiento del ciclo hidrológico (Pérez, 2007). Adicionalmente, la necesidad de producir para “alimentar al mundo” ha llevado a la expansión del riego y el uso desmesurado del recurso agua para el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias, además del uso cada vez más intenso de fertilizantes y plaguicidas con el fin de lograr mantener los rendimientos y mejorar las ganancias en los sistemas de producción

Colombia no es ajena a la anterior problemática. La fuerte expansión que la agricultura y la ganadería presentan en el país, potencian los problemas de desertificación y salinización de suelos, la erosión, problemas de inundación, la degradación de la calidad del recurso hídrico por efecto de los agroquímicos y el uso de abonos orgánicos sin tratamiento previo (Guevara, 2002; Pérez, 2007; Moonen y Barberi, 2008). Adicionalmente, existe poca evidencia de sistemas productivos agrícolas y ganaderos que realicen un correcto uso de los recursos naturales y que eviten al máximo la contaminación de los mismos (FAO, 1996; Paruelo *et al.*, 2005). Es bien conocido que la agricultura y la ganadería son los principales usuarios de los recursos de agua dulce en el mundo; en promedio usan el 70% de todos los suministros hídricos superficiales (Rosegrant and Ringler, 1998; Rockstrom, 1999; Toledo, 2002; FAO y Bruinsma, 2003a; Gerbens-Leenes y Nonhebel, 2004). No obstante, la agricultura y la ganadería son una de las más importantes causas de la contaminación del recurso hídrico, debido a las grandes descargas de contaminantes y la sedimentación en las aguas subterráneas y

superficiales, provocado por el uso excesivo de agroquímicos en los cultivos y pastos y por la pérdida de suelo debido a las prácticas inadecuadas de estos sistemas productivos (Contreras *et al.*, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2009; Vázquez, 2006).

En resumen se tiene que la ganadería y la agricultura se desarrollan en una simbiosis de tierras y agua y, como se señala claramente en el documento FAO (1990), "***...deben adoptarse las medidas adecuadas para evitar que las actividades agrícolas y ganaderas deterioren la calidad del agua e impidan posteriores usos de ésta para otros fines***". Algunos autores como Ye *et al.*, (2002); Erenstein, (2003); Shi y Gill, (2005); Sidibé, (2005); Shankar *et al.*, (2011), se han encargado de estudiar la implementación de técnicas y tecnologías que son eficientes y favorecen el cuidado del medio ambiente en países tanto desarrollados como en vía de desarrollo. Sin embargo, los resultados encontrados por estos autores revelan que 20 años después del señalamiento de la FAO, no se evidencian avances significativos en la implementación de medidas adecuadas para evitar el deterioro de la calidad de los recursos naturales y los sistemas productivos agrícolas y ganaderos siguen usando de forma no sostenible el recurso agua (FAO, 1997). Los investigadores se han dedicado a valorar los daños ambientales provocados por el inadecuado manejo de los recursos naturales (Jarvis y Younger, 2000; Zalidis *et al.*, 2002; Payraudeau y van der Werf, 2005; Dabrowski *et al.*, 2009; Kastner, Kastner y Nonhebel, 2011) y no en determinar por qué no se han implementado las técnicas y tecnologías de producción desarrolladas con el propósito de proteger los recursos naturales.

Un primer paso para el diseño de instrumentos regulatorios que logren dar solución al inaceptable manejo de los recursos naturales presentado en la actualidad en los sistemas productivos agrícolas y ganaderos, es el estudio de los factores que influyen en la toma de decisiones acerca de la adopción de tecnologías y prácticas de producción que sean más amigables con el medio ambiente.

Con el fin de estudiar el desarrollo de nuevas tecnologías de producción más eficientes se han creado redes y centros internacionales denominados Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), que tienen el propósito de patrocinar las investigaciones en cuanto al desarrollo y la adopción de nuevas tecnologías agropecuarias (Doss, 2006), así como el desarrollo de nuevas tecnologías con propósito de incrementar los rendimientos en estos sistemas productivos. Sin embargo, lo importante del caso, es que las investigaciones no se queden en la creación de nuevas herramientas, sino en entender el modo de actuar de los agentes económicos que las usan e implementan y cuáles son los impactos sociales en la introducción de estas. Para esta tarea, los científicos del área rural han trabajado de la mano de científicos sociales buscando una mejor comprensión de los mecanismos que son la base de la adopción tecnológica (Cárdenas *et al.*, 2003).

La literatura menciona algunos factores que influyen sobre el agricultor en el momento de seleccionar y adoptar una técnica o tecnología para implementar en sus predios, entre estos se presentan: Factores sociales, económicos, políticos, ambientales, factores de comportamiento como aversión al riesgo y la incertidumbre; y son los que inciden en la decisión de adopción de una nueva herramienta en el sector agrícola y pecuario (Kebede *et al.*, 1991; Leathers *et al.*, 1991; Van den Bergh *et al.*, 2000; Bénabou *et al.*, 2003; Marra *et al.*, 2003; Kuntashula *et al.*, 2004; Ajayi *et al.*, 2007; Bénabou *et al.*, 2010; Funk, 2008). Lo anterior ha generado que a lo largo de todos estos años los países en desarrollo principalmente, diseñen proyectos de gran inversión que van en pro del desarrollo de la agricultura y la ganadería (Subedi *et al.*, 2009). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el temor al cambio, la falta de información y capacitación, y la poca asistencia de parte de los entes ambientales, hacen que una gran parte de los agricultores y ganaderos desechen o no tengan interés en adoptar una nueva tecnología en sus sistemas productivos y provoca el lento desarrollo en el sector rural, además del uso de técnicas obsoletas que solo están perjudicando al medio ambiente y no le aportan suficientes ingresos a estos sectores.

Un punto a favor en la adopción tecnológica en campo es demostrada por numerosos estudios y experimentos que indican que una fracción significativa de seres humanos no se comportan siempre racionalmente y presentan un comportamiento altruista, razón por lo cual algunos economistas han comenzado a buscar respuestas en la economía del comportamiento y hace algún tiempo se han encargado de explorar las diferentes reglas sociales o los incentivos que los individuos requieren para actuar “pro-socialmente” (Cárdenas, 2003; Fehr y Fischbacher, 2003; Benabou y Tirole, 2006). En palabras de Fatas y Roig (2004), la economía del comportamiento busca mejorar la comprensión del modo de actuar de los agentes económicos, para ello integra conceptos de psicología y sociología a modelos teóricos de la economía tradicional. Entre los conceptos de la psicología adoptados por la economía del comportamiento según Benabou y Tirole (2006) se encuentran las motivaciones intrínsecas, extrínsecas y de imagen, que consisten en otorgarles recompensas o castigos a los agentes económicos para fomentar el comportamiento pro-social.

Igualmente, los rápidos cambios socio-económicos en países en desarrollo han despertado el interés de algunos agricultores y ganaderos por adoptar tecnologías y prácticas de producción para sus sistemas productivos, y son impulsados a tomar este tipo de decisiones económicas motivados por el efecto causado con el aumento de sus ganancias de producción (Benabou y Tirole, 2003). Por tal motivo, se presenta la necesidad de estudiar la influencia que las motivaciones intrínsecas y extrínsecas definidas por Benabou y Tirole (2006) anteriormente, tienen sobre la decisión de adopción de tecnologías de producción más amigables con el medio ambiente por parte de los productores en el sector rural. Investigación relacionada con el estudio de las

motivaciones que influyen en el proceso de adopción de tecnologías de producción que sean amigables con el medio ambiente, es necesaria para articular nuevas políticas ambientales que favorezcan el adecuado uso y conservación de los recursos naturales por parte de los actores económicos que están siendo beneficiados (Balalí, 2011).

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo parte de la importancia que tiene la producción agrícola y ganadera en el país, conformando un de los principales factores generadores de riqueza en la economía Colombiana (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, 2008). Aunque el panorama parece alentador para el país, estas dos economías han sido fuertemente cuestionadas por el uso inadecuado de técnicas y tecnologías de producción que vienen generando una problemática de orden ambiental y social (Mahecha y Peláez, 2002).

Por esta razón se hace necesario un estudio que permita obtener información del papel que las motivaciones propias de los individuos (intrínsecas) así como algunas motivaciones monetarias (extrínsecas), juegan en el proceso de adopción tecnológica que son cruciales a la hora de diseñar políticas y programas que tratan de estimular el proceso de adopción. Adicionalmente, estudiar si el proceso de adopción se potencializa con la presencia de instrumentos regulatorios de tipo económico como impuestos o subsidios. Conocer las interacciones que se dan entre los distintos tipos de motivaciones que cobran importancia, por ejemplo, las motivaciones intrínsecas pueden verse aminoradas o reforzadas por la presencia de incentivos relacionados con las motivaciones extrínsecas (Letiche, 2006) frenando entonces el proceso de adopción.

El estudio de los procesos de adopción tecnológica y los factores que influyen en él permite dotar a los entes encargados del diseño de políticas ambientales de herramientas que permitan un mejor diseño de políticas para la protección del medio ambiente en el sector rural (por ejemplo asignarle multas a quienes estén haciendo uso inadecuado del recurso hídrico) y debido a que la adopción tecnológica no es una variable independiente sino el producto de una red de interacciones sociales y motivacionales, debería ser estudiada desde la perspectiva de la economía del comportamiento que permita contextualizar al problema de la adopción en un marco explicativo de las preferencias de los agentes económicos en el sector rural.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar el efecto que las motivaciones intrínsecas tienen sobre el proceso de adopción de tecnologías y prácticas de producción que sean ambientalmente más amigables y su interacción con los incentivos relacionados con las motivaciones extrínsecas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Listar los principales determinantes de la adopción de tecnologías de producción en el sector rural con base en la revisión de literatura previa.
- Elaborar una línea base a través de encuestas que permita hacer un diagnóstico inicial sobre el uso de las principales tecnologías y prácticas de producción agrícola y pecuaria en la zona de estudio.
- Seleccionar las variables a manipular en el diseño experimental para la identificación de la interacción entre diferentes motivaciones.
- Desarrollar e implementar el diseño experimental adecuado para identificar las motivaciones que están influyendo en las decisiones de adopción de tecnologías por parte de los agricultores y ganaderos, a través de juegos experimentales basados en decisiones económicas.
- Verificar a través del análisis de los resultados obtenidos con los experimentos económicos la influencia e interacción de diferentes tipos de motivaciones en cuanto a la adopción de tecnologías y técnicas ambientalmente más amigables.
- Elaborar materiales, informes y publicaciones científicas.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Algunos estudios teóricos y empíricos realizados por expertos durante las últimas décadas, demuestran que las políticas creadas para promover la adopción de tecnología y el creciente cambio ambiental, han sido medios significativos para aumentar la tasa de adopción y han generado un impacto en quienes las adoptan (Mansfield, 1961; Agudelo, 1968; Feder *et al.*, 1993; Kebede *et al.*, 1991; Leathers y Smale, 1991; Akinwumi y Jojo, 1995; De Souza Filho *et al.*, 1999; Negatua y Parikhb, 1999; Rubas, 2004).

En los siguientes párrafos se hace un recuento de algunos de estos trabajos en cuanto a adopción tecnológica en el sector rural y el aporte que representa la economía experimental y del comportamiento en el estudio de las motivaciones que influyen en las preferencias de los agentes económicos aplicados a la adopción tecnológica.

2.1.1 Estudios de adopción de tecnologías

El actual modelo de desarrollo sustenta la necesidad de internacionalizar la economía de un país, además de orientar hacia el cambio los mecanismos de producción y de interacción social. Lograr ser más competitivos y al mismo tiempo no afectar los recursos naturales de sus predios implica un gran desafío para los productores del sector rural, ya que requieren la maximización de su producción sin afectar al medio ambiente. Para esto se han desarrollado prácticas y tecnologías de producción que han favorecido el aumento de la producción al mismo tiempo de cuidar los recursos naturales. Sin embargo, los agricultores y los ganaderos confrontan algunos factores particulares que implican un reto en dicho proceso de adopción tecnológica. Estos factores están dados por la peculiaridad de cada individuo y de sus motivaciones en cuanto los procesos productivos más limpios. Factores como la estructura del mercado, el tipo de tecnología, factores sociales (la edad, el tamaño de la granja, la educación, facilidad de difusión, asociaciones), factores naturales y percepción sobre la nueva tecnología por parte de quienes la adoptan, influyen directamente en el proceso de adopción tecnológica en el sector rural (Warriner y Moul, 1992; Mazvimavi y Twomlow, 2009). Estos factores que han sido tema de estudio durante años, son llamados factores universales y poseen un efecto positivo o negativo dependiendo del resultado de la adopción (Rubas, 2004).

Con la finalidad de traer al contexto actual los procesos de adopción tecnológica en el sector rural y su interacción con factores socioeconómicos, se incluyen algunas de las reflexiones formuladas por Cáceres (1993, 1995) quien critica la postura de autores como Lerner (1964), Foster (1967) y Hagen (1970), que consideraron a los pequeños productores como agentes conservadores y con poca predisposición al cambio. Sin embargo, el marco teórico global del proceso de adopción tecnológica señala que los agricultores en pro de maximizar su bienestar consideran diversas características propias de su entorno para tomar este tipo de decisiones económicas. Ante este problema, desde hace casi tres décadas, se realizan investigaciones en los campos sociales desde la investigación de sistemas (Davis 1989, Saga y Zmud, 1994, Dillon y Morris 1996), de la comunicación, (Rogers, 1997) y de la educación (Christensen R. 2001) con el fin de estudiar los factores que influyen en la conducta hacia el uso y adopción tecnológica. Aunque en el sector rural las limitantes que afectan a los agentes rurales (cantidad de tierra, disponibilidad de mano de obra, acceso a créditos) desempeñan de igual forma un papel importante en cuanto a la adopción de nuevas tecnologías y a la validación de las prácticas utilizadas (Kebede *et al.*, 1991; Cáceres, 1993, 1995; De Souza Filho *et al.*, 1999; Rubas, 2004). En general se reconoce que existen números factores de índole económica, cultural y ambiental que pueden afectar en mayor o menor grado el proceso de adopción (Kebede *et al.*, 1991; Leathers y Smale, 1991; Monardes *et al.*, 1993).

En Brasil, De Souza Filho *et al.*, (1999) en su estudio de los factores que influyen en la adopción tecnológica, determinan que los factores sociales como la participación de los agricultores y/o ganaderos en un grupo de productores, si tienen contactos con ONGs y si son conscientes o no de los efectos nocivos de los agroquímicos sobre el medio ambiente y la salud humana, son los más relevantes a la hora de adoptar una tecnología de producción. Lo anterior relaciona fuertemente la importancia de la colectividad en la sociedad, tomar decisiones en grupo nunca será igual que si se toman de forma individual. Hacer parte de grupos sociales que tengan un mismo interés, favorece a decidir adoptar tecnologías que favorezcan al cuidado del medio ambiente.

Lo más observado en la literatura en cuanto a adopción de tecnologías es el uso de estudios Bayesianos, Epidemial y teoría de juegos, para explicar los procesos de adopción. Mansfield (1961) hace referencia al método epidemial que consiste en esparcir la información de adopción de tecnología tal cual si se tratara de una enfermedad y propone en sus hipótesis de investigación, que la probabilidad de adopción de una tecnología es directamente proporcional al número de individuos que la adopten y de la rentabilidad que otorgue la adopción, y es inversamente proporcional al tamaño de la inversión inicial requerida. Agudelo (1968) y Rubas (2004) concluyen en sus investigaciones que un factor clave en el proceso de adopción es la difusión de la información por parte de las personas que adoptan la nueva tecnología, el mismo resultado obtuvo el comité de cafeteros de Colombia en el proceso de extensión técnicas

con la difusión de nuevas tecnologías en la comunidad caficultora (Federación Nacional de Cafeteros, 2005).

Hace algunas décadas, un modelo usado para la adopción de tecnologías en la agricultura fue desarrollado por Feder (1982, 1984). El autor pretendía estudiar el efecto de un criterio de incertidumbre generado por la adopción de nuevas tecnologías, para ello ofrecía incorporar tanto tecnologías complementarias a las que ya existían en los predios, así como nuevas tecnologías para ser adoptadas. El autor llevó a cabo el estudio de caso, donde se presentaron dos tecnologías innovadoras para ser implementadas en los predios, una neutral (no representaba ningún cambio) y la otra a gran escala que requería de una gran inversión inicial. Se evidenció que la adopción de la tecnología que demandaba mayor inversión por parte de los agricultores, venía directamente ligada con la percepción al riesgo que estos mostraron tener y qué tanto estaban dispuestos a arriesgar. Se encontró que el modelo era afectado por el grado de incertidumbre y el riesgo, además por las varianzas en los ingresos y egresos de la granja después de adoptar la tecnología. Lo anterior fue confirmado 27 años después por investigadores Australianos, donde concluyeron que factores como la incertidumbre, evaluación de riesgo, ventaja financiera, influyen en la adopción de técnicas de conservación, además determinaron que existe una fuerte correlación entre los factores de adopción tecnológica con la percepción del riesgo (Greiner *et al.*, 2009)

Distintos experimentos de adopción tecnológica realizados en diferentes partes del mundo han revelado que variables como la calidad socioeconómica, la demografía, el tamaño de los predios, la aversión al riesgo y factores como la percepción subjetiva de los productores, son variables que influyen directamente en la adopción de nuevas tecnologías en los sistemas productivos agrícolas (Kebede *et al.*, 1991; Leather y Smale, 1991; Akinwumi y Jojo, 1995; Negatua y Parikhb, 1999). Las investigaciones fueron fundamentalmente de tipo empírico y aunque tenían el mismo objetivo: Determinar los factores que estaban influyendo en la adopción tecnológica; las investigaciones utilizaron diferentes técnicas de análisis como los modelos probabilísticos Probit, Probit mejorado y Tobit, además se basaron en dinámica Bayesiana para obtener un modelo de secuencia de adopción tecnológica. Los resultados obtenidos aportaron conclusiones importantes para continuar con estudios futuros.

Otros experimentos realizados en los últimos 10 años, han determinado que el proceso de adopción tecnológica es complejo debido a que no sólo están en juego factores técnico-productivos, sino también una serie de variables enmarcadas dentro de una matriz de factores biofísicos y sociales como tipo de suelo, percepción del agricultor, políticas y contexto institucional, redes de relaciones sociales, tamaño del predio y economía del sistema de producción (Negatua y Parikhb, 1999; Rubas, 2004; Ajayi *et al.*, 2007; Khanal *et al.*, 2010).

El interés por estudiar los factores de adopción no sólo es de países en desarrollo. Los países desarrollados como Estados Unidos han mostrado gran interés en esta clase de investigaciones debido a las importantes extensiones agrícolas y ganaderas que tienen, además de sustentar la importancia de tener sistemas productivos tecnificados que aumenten su rentabilidad y se vea reflejado en el aumento de la economía del país. Por tal motivo, Khanal *et al.*, (2010), desarrollaron un estudio por medio de encuestas aplicadas a granjas lecheras, con el fin de determinar los factores que incidían en la adopción de tecnologías pecuarias (CIMMYT, 1993). Estimaron la tasa de adopción, las características de los productos, sistemas, prácticas y tecnologías que fueron adoptadas. Determinaron que el sistema de adopción iba ligado al tamaño de la granja y estas influían en el aumento de la producción lechera. Los sistemas de mayor implementación fueron: sala de ordeño, ordeño mecánico, sistematización del ordeño, mejora en la nutrición de los animales y mejora de pastos.

La literatura muestra claramente que existen factores que influyen en los agricultores y ganaderos para que adopten o no una tecnología que le traerá beneficios a sus sistemas productivos. En resumen se tiene que la adopción tecnológica involucra factores que están dados por la particularidades de cada individuo y de sus motivaciones en cuanto los procesos productivos que quiere para sus predios, con el fin de dar paso al proceso de apropiación tecnológica (Leeuwis, 2000). Diversos autores, citados por Galindo *et al.* (2002) y complementado por Feder y Umali (1993), puntualizan en la idea de adopción tecnológica, diciendo que existen múltiples variables que influyen en dicho proceso: 1) nivel de riesgo, 2) relevancia de la tecnología, 3) contacto con instituciones agropecuarias, 4) escolaridad, 5) edad, 6) años de vivir en la zona de residencia, 7) acceso a medios de comunicación, 8) actitud hacia la innovación, 9) nivel de capacitación, 10) ingreso extrafinca, 11) nivel de vida, 12) contacto con distribuidores de insumos, 13) recursos económicos disponibles, 14) ambiente agroclimático 15) hectáreas cultivadas.

Las investigaciones realizadas en cuanto a las motivaciones que tienen los actores económicos a la hora de adoptar técnicas o tecnologías de producción que sean amigables con el medio ambiente, son de gran importancia para ser implementadas por los Gobiernos que tienen interés en aumentar la economía interna de su país. Dichos Gobiernos han favorecido el proceso de adopción tecnológica creando incentivos otorgados a los productores de diferentes sistemas productivos (agrícolas y pecuarios) para aumentar la rentabilidad de sus predios haciendo uso de técnicas o tecnologías más eficientes y procurando que sean más amigables con el medio ambiente, que sin duda alguna, aumentarán las ganancias de producción.

Ahora bien, es de destacar que las políticas económicas (subsidios e impuestos) promovidas por los Gobiernos en búsqueda de aumentar la economía del país sin afectar

los recursos naturales, ejercen una influencia directa sobre los agentes involucrados en el proceso de adopción tecnológica. Sin embargo, Felicitas y Walter aclaran que dichas restricciones externas actúan como condicionantes más que determinantes durante los procesos sociales que actúan en la adopción tecnológica (Felicitas y Walter, 1997; Garrido, 2007; Oliva *et al.*, 2011) y la eficacia de estos instrumentos regulatorios depende fuertemente del daño causado a las fuentes receptoras y de la reacción de los productores frente las nuevas regulaciones, lo cual muy pocas veces coincide con los supuestos teóricos (comportamiento optimizador) (Roca, 1998; Pizarro, 2002; Fullerton *et al.*, 2008; PNUMA, 2010).

2.1.2 Economía experimental y economía del comportamiento

Distintos estudios han abordado los conceptos de adopción tecnológica en el sector rural (Ashby, 1987; Monardes, 1993; Barrera *et al.*, 1997; FAO, 1991,2010; Loaiza, 1997; Negatua y Parikhb, 1999; Leeuwis, 2000; Galindo *et al.*, 2002; Bermúdez, 2004; Rubas, 2004; Ajayi *et al.*, 2007; Greiner *et al.*, 2009; Khanal *et al.*, 2010) desde la perspectiva de la producción y de los factores asociados a la transferencia tecnológica. Adicionalmente, en los últimos años algunos economistas han estudiado el comportamiento de comunidades rurales usando técnicas de economía experimental y economía del comportamiento, así como metodologías participativas como el diagnóstico rural participativo (Ruttan, 1996; Cárdenas *et al.*, 2001, 2003; Kahneman, 2003; Kahneman, 2004) para identificar las motivaciones de los actores rurales en cuanto a las decisiones tomadas en sus sistemas productivos (Marra *et al.*, 2003).

Cárdenas *et al.*, (2003) argumenta que el uso de técnicas experimentales en el estudio del comportamiento de los individuos en comunidades rurales trata de dar respuesta a las inquietudes formuladas sobre los intereses de los individuos para el bien individual y el colectivo, reconociendo que los actores económicos pueden ser cooperantes y pro-sociales de una forma no predicha por la economía tradicional del *homo economicus* y marcan el dilema del bien individual con el uso de los recursos naturales y el colectivo con el aprovechamiento sostenibles de los mismos (Andreoni, 1990; Gintis, 2000; Cárdenas, 2001; Henrich *et al.*, 2001 Bénabou, 2003; Bergstrom, 2003; Cárdenas, 2003; Fiore, 2009).

Los modelos de comportamiento de los individuos aportan a la formulación de políticas agroambientales, sin embargo, las decisiones de los agricultores en cuanto a estas políticas van encaminadas no solo por los costos de oportunidad y a la actitud con respecto a estas, sino que también influyen en el entorno institucional que cumple un papel fundamental en el desarrollo de sus acciones; este último, puede ser el paso al fracaso o éxito de la aplicación de las políticas públicas creadas entorno al medio

ambiente (Gintis, 2000). De la literatura se pueden rescatar dos principios fundamentales en cuanto al estudio del comportamiento de los humanos, (1) la toma de decisiones por parte de los seres humanos no podrá ser estudiada con exactitud si en esta no se relaciona el contexto social y (2) el modelo regular que describe el proceso de toma de decisiones incluye respuestas de los individuos en cuanto a las recompensas o castigos que se reciban por una actuación buena o mala (Bénabou *et al.*, 2010). Para Frey y Jegen (2000) dichas recompensas tangibles como los subsidios o los impuestos, y recompensas intangibles como los elogios públicos, están interviniendo en las motivaciones extrínsecas de los individuos.

Entre tanto, el análisis de las motivaciones intrínsecas¹ y extrínsecas² han sido objeto de estudio de diferentes disciplinas dentro de las ciencias sociales como la psicología y la economía (Bénabou y Tirole, 2003; Rogers, 2003; Sevilla, 2007; Bénabou *et al.*, 2010) y ha permitido el diseño de estrategias de política pública que faciliten el acercamiento racional de las comunidades rurales en forma individual o colectiva y que sean más efectivas en cuanto al manejo de los recursos de uso común (Lindbeck, 2000; Cárdenas *et al.*, 2003). Ryan y Deci (2000), han perfilado que se puede establecer una clara relación entre motivación intrínseca y motivación extrínseca y para dicha relación es indispensable considerar la importancia que el individuo le da al manejo de los recursos naturales, además del tamaño de la recompensa que puede obtener el individuo en la ejecución de prácticas que favorecen la protección de estos recursos (Gneezy y Rustichini, 2000b; Sansone y Harackiewicz, 2000). Por otra parte, la introducción de una recompensa o sanción injusta puede provocar un cambio significativo en la cooperación altruista de un individuo y provocar algunos efectos contraproducentes hacia el interés social (Camerer, 2003).

Los efectos que han presentado los instrumentos regulatorios como impuestos y subsidios en diferentes actividades económicas, han despertado el interés de la comunidad científica para construir políticas públicas que permitan incentivar a los agentes económicos para que obedezcan a ciertas normas y presenten un comportamiento particularmente eficaz y fomenten la cooperación y el acercamiento al óptimo social (Fehr y Gächter, 2000; Baddeley, 2001; Houser, 2010). A su vez, se encontró que los incentivos pueden ser contraproducentes y generan un cambio en el origen de las preferencias sociales de una comunidad debido al cambio de las normas sociales con la introducción de pagos monetarios (Kreps, 1997; Gneezy y Rustichini,

¹ La **Motivación intrínseca**, es aquella acción realizadas por un individuo por el interés que genera la propia actividad, considerada como un fin en si misma y no como un medio para alcanzar otra mete (Rinaudo *et al.*, 2003).

² La **Motivación extrínseca** se caracteriza generalmente como aquella que lleva al individuo a realizar una determinada acción para satisfacer otros motivos que no están relacionados con la actividad en si misma (por ejemplo, una situación social, dinero, comida o cualquier otra forma de recompensa) (Rinaudo *et al.*, 2003).

2000a; Bohnet, 2001; Frey y Huck 2001; Fehr y Gächter, 2002; Camerer, 2003, 2004; Fehr y List, 2003; Fehr y Rockenbach, 2003; Nyborg y Rege, 2003; Schulze y Frank, 2003), es decir, cuando no hay presencia de motivaciones extrínsecas los individuos se centran en las normas sociales, pero cuando se introducen recompensas externas la atención se desplaza hacia la maximización de sus ganancias.

Akerlof (1980) sostiene que las normas sociales pueden tener un impacto en los resultados económicos y un supuesto de estas normas sociales es que las personas tienen preferencias por la aprobación social. Esta hipótesis ha sido apoyada recientemente por Gächter y Fehr (1999) y Rege y Telle (2001) quienes desarrollaron algunos juegos económicos y evidenciaron que los instrumentos económicos claramente tienen un efecto significativo en el comportamiento de los individuos y pueden desplazar las motivaciones intrínsecas de los agentes económicos, no obstante la teoría económica no parece ser concluyente en este punto.

Ahora bien, los incentivos económicos mencionados anteriormente no son los únicos que fomentan el comportamiento pro-social en los agentes económicos, algunos individuos se rigen por un conjunto de normas morales que guían un “adecuado” comportamiento (Nyborg y Rege, 2003), además de factores motivacionales que son importantes en el momento de estudiar el comportamiento de un individuo. Varios estudios indican que tal motivación moral está basada en normas sociales que rigen las decisiones de los individuos en cuanto a sus acciones para el bienestar común (Schram, 2000; Frey y Jegen, 2000; Henrich *et al.*, 2004).

Por consiguiente, se tiene que existe relación entre las políticas públicas y el comportamiento basado en normas sociales e influyen en el aprovechamiento de bienes públicos (Nyborg y Rege, 2003), esto se debe a que los individuos prefieren una imagen moralmente responsables de sí mismos Brekke *et al.* (2002). Sin embargo, a pesar del gran número de contribuciones realizadas por autores de diferentes áreas del conocimiento, aún quedan preguntas sin responder en cuanto a las motivaciones que influyen en la toma de decisiones de los agentes económicos del sector rural.

Capítulo III. MARCO METODOLÓGICO

El Capítulo 3 está conformado por dos secciones, en la primera se presenta la descripción general de la zona de estudio, además de indicar la muestra seleccionada de la población para aplicar las diferentes herramientas de recolección de datos. La segunda sección corresponde a los métodos y las diferentes técnicas usadas en la recolección de datos para la investigación (Encuesta para la línea base y juegos experimentales para determinar motivaciones de adopción y el grado de riesgo que presentan los jugadores).

3.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de San Pedro de los Milagros pertenece al departamento de Antioquia; se encuentra localizado en la Región Norte, en la Subregión del Altiplano Norte. Limita con los Municipios de Belmira y Entreríos al Norte, al Oriente con Don Matías, al sur con Bello, Girardota y Copacabana y al Occidente con San Jerónimo (Ver Figura 1). Su población en 2009 era aproximadamente 23.855 habitantes (DANE, 2009). Tiene una extensión de 229 km², con una temperatura media de 16° C y una altura sobre el nivel del mar de 2.475 metros. Se encuentra ubicado a los 6° 19' 19" de latitud norte y a 1° 37' 40" de longitud occidental. La densidad poblacional total es de 96,5 hab/km² y se distribuye territorialmente con una concentración de 50,7% en la zona rural y el 49,3% restante en la zona urbana (Plan de Educación ambiental municipal, 2011).



Figura 1. Localización área de estudio.

El área rural del municipio de San Pedro de los Milagros se compone de 19 veredas, 6 parajes y un corregimiento, en la Figura 2 se observa la división territorial:

- Veredas: La Cuchilla, La Empalizada, La Clarita, Pantanillo, Espíritu Santo, La Pulgarina, La Lana, El Tambo, Cerezales, Alto de Medina, El Espinal, La Pretel, San Juan, San Francisco, El Rano, Santa Bárbara, Zafra, La Palma y Riochico.
- Parajes: La Linda, La Arroyave, La María, Monterredondo, La China, Agrícola.
- Al suroeste del municipio se encuentra el corregimiento de Ovejas.

La microcuenca el Hato del municipio de San Pedro de los Milagros tiene un área de 6324,85 ha, con aproximadamente 892 predios según el mapa catastral rural del municipio de San Pedro (2008), divididos en 6 veredas (Alto de Medina, Cerezales, El Espinal, La Pulgarina, San Francisco y Santa Bárbara).⁴

Los principales problemas que se afrontan en el Norte de Antioquia, particularmente en la Microcuenca El Hato son el desgaste de los suelos y la contaminación de las aguas debido al uso de tecnologías de producción poco adecuadas, la sobre explotación forestal, la minería y la emigración poblacional (por carencia de oportunidades, insuficiencia en la prestación de servicios públicos y sociales como salud y educación, problemas de orden público y bajo apoyo a la producción agrícola). Para facilitar el diseño de políticas tendientes al mejoramiento de la calidad ambiental de la región a través de la adopción de mejores técnicas y prácticas de producción agropecuarias es indispensable conocer cómo los individuos toman tales decisiones y qué factores influyen en las mismas.

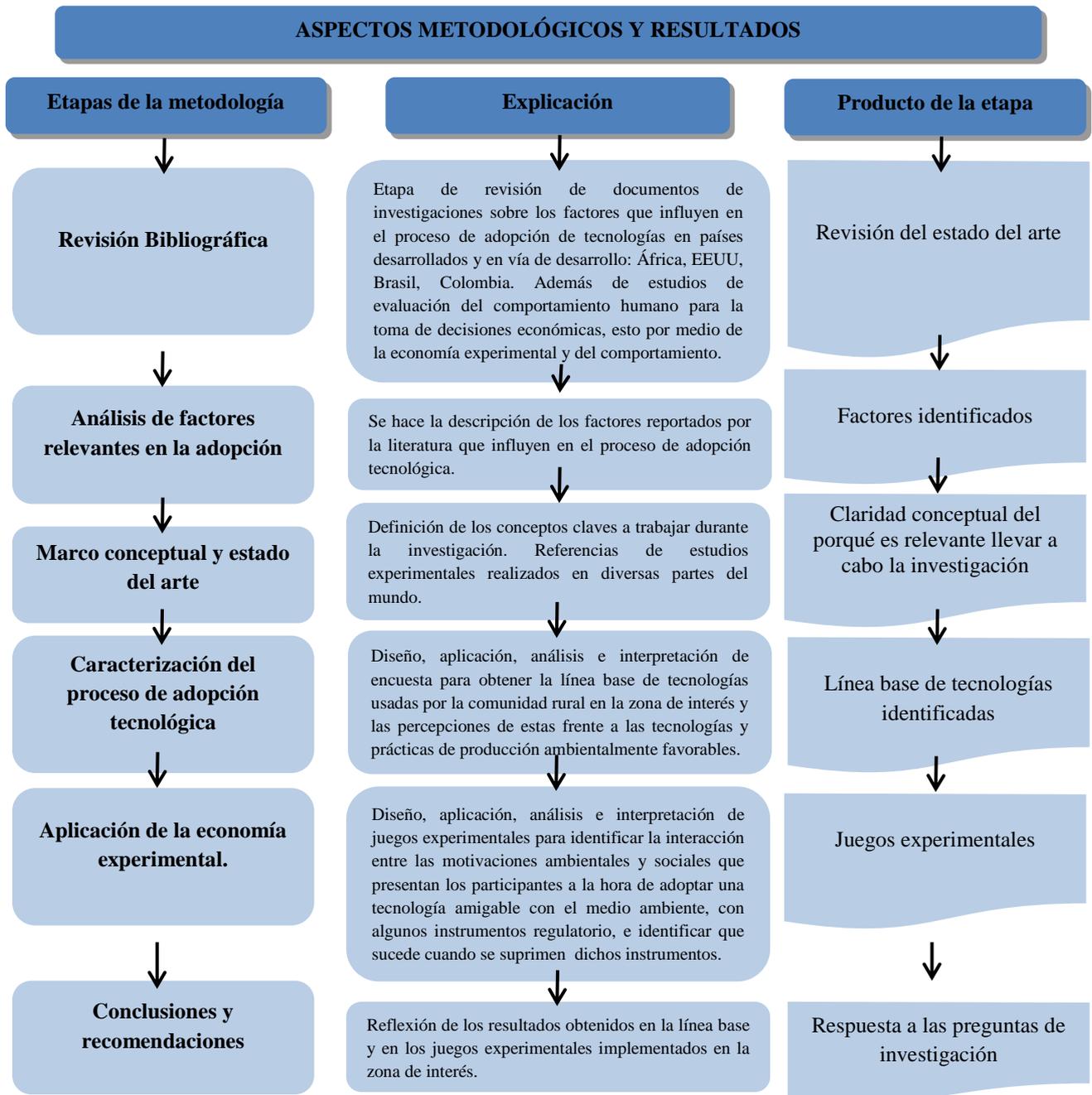
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El trabajo de investigación inicialmente se apoyó de una encuesta realizada a productores agrícolas y ganaderos del área rural del municipio de San Pedro de los Milagros, particularmente de la microcuenca El Hato, con el fin de levantar una línea base sobre la existencia y el uso de las tecnologías y prácticas de producción presentes en la zona de estudio, además de los intereses en los procesos de adopción tecnológica por parte de los productores encuestados. En la segunda etapa la investigación fue de tipo experimental y fundamentó su metodología en la teoría de la economía experimental, tuvo como finalidad identificar las motivaciones de tipo ambiental y/o social que influían en el proceso de adopción de tecnologías y prácticas de producción favorables con el medio ambiente y cómo estas interactuaban con instrumentos regulatorios como: Subsidios e Impuestos. Además se quiso identificar qué sucedía con el proceso de adopción después de suprimir los instrumentos regulatorios aplicados. Inicialmente se planeó desarrollar estos experimentos con la población de la microcuenca El Hato, sin embargo, debido a problemas de orden público en la región, los habitantes de la región no quisieron participar de los experimentos. Por tanto esta segunda etapa de investigación se trabajó con estudiantes Universitarios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Sede Medellín, particularmente de Ingeniería Agrícola, Ingeniería Agronómica, Ingeniería Forestal y Zootecnia quienes en el futuro tomarán decisiones técnicas en cuanto al uso de tecnologías y prácticas de producción pecuaria y/o agrícola. Como investigación futura, sería importante replicar

⁴ Plan de Educación ambiental municipal, Municipio de San Pedro de los Milagros. 2011. Administración municipal 2008 -2011

el experimento en campo, con el fin de conocer cómo es la toma de decisiones de las personas del sector rural. Los elementos metodológicos de la investigación se sintetizan en el flujograma de la Figura 3.

Figura 3. Flujograma del proceso metodológico⁵.



⁵ Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Encuesta

En la investigación realizada, la primera etapa consistió en la encuesta implementada en la microcuenca de la quebrada el Hato en jurisdicción del municipio de San Pedro de los Milagros en la que se hace una caracterización socioeconómica, demográfica y del uso de prácticas y tecnologías de producción en el sector rural. Con esta metodología se pretendió conocer las tecnologías y prácticas de producción presentes en la zona de estudio, además de las motivaciones que presentaron los encuestados para adoptar tecnologías y prácticas de producción que sean favorables con el cuidado del medio ambiente.

3.2.1.1 Selección de los productores a encuestar

Con el fin de seleccionar la muestra a encuestar se trabajó con una población de 891 predios aproximadamente (Dato obtenido del mapa catastral del Municipio de San Pedro de los Milagros, 2008). La unidad muestral fueron los predios de productores agrícolas y pecuarios de la microcuenca de la quebrada El Hato y para efectos del muestreo se empleó una confiabilidad de los datos del 95% y un intervalo de confianza del 5%. Para la selección de la muestra se implementó entonces un muestreo aleatorio estratificado: el cálculo del tamaño de muestra se hizo a través de la fórmula de asignación de Neyman (Ecuación 1).⁶

$$n_h = n \times \frac{(N_h \times \sigma_h)}{[\sum(N_1 \times \sigma_1)]} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- n_h : es el tamaño de la muestra para el rango h
- n es el tamaño total de la muestra
- N_h es el tamaño de la población para el rango h
- σ_h es la desviación estándar del rango h.

Con la información del mapa predial de la microcuenca el Hato, facilitado por el departamento de Planeación Municipal del municipio de San Pedro de los Milagros, se seleccionaron los estratos utilizados para el muestreo aleatorio (Ver Anexo 1). Los estratos fueron definidos con base en el tamaño del predio. El número de predios a encuestar para cada tamaño de predios se muestra en la Tabla 1. Con el número de predios por rango de área obtenidos de la ecuación (230 predios), se seleccionaron aleatoriamente sobre el mapa predial de la cuenca aquellos predios a encuestar teniendo en cuenta dicho rango de área (Anexo 1).

En la Tabla 1 se observa además una columna que hace referencia a los predios realmente encuestados. Existe una diferencia entre los predios realmente encuestados y

⁶ Curso de Estadística II. Profesora Ordoñez P., Hermelinda. Universidad Nacional, Sede Manizales.

los predios a encuestar por las razones que se exponen a continuación. En realidad los predios encuestados fueron 186 ya que durante la etapa de aplicación de la encuesta se encontraron algunas dificultades: 1) La situación de tenencia de la tierra había cambiado significativamente en algunos predios con respecto a lo mostrado por el mapa predial. Por ejemplo, algunos propietarios habían vendido parte de sus tierras (disminución del rango de área) y otros habían comprado predios y los han unido a otros que ya tenían (aumento en el rango de área), 2) Algunos propietarios no mostraron disposición para contestar la encuesta y 3) se desecharon tres (3) encuestas por no encontrar coherencia en las respuestas obtenidas. Con esta nueva muestra, la encuesta aplicada tuvo un nivel de confianza del 95% y un intervalo de confianza del 6,4%. Aunque en esta investigación se usó el último mapa predial disponible, las disparidades anteriormente mencionadas muestran la urgente necesidad de que las entidades encargadas hagan una actualización del mapa, lo anterior es de gran importancia para el diseño y ejecución de estudios e investigaciones a realizarse a nivel predial en la zona.

Tabla 1. Predios en el municipio de San Pedro de los Milagros y muestra seleccionada para la encuesta en la microcuenca El Hato por rango de área.

Rango (Ha)	Número de Predios		
	Totales	A Encuestar	Encuestados
0 - 1	241	13	9
1 - 3	214	26	22
3 - 5	96	11	20
5 - 10	140	40	28
10 - 20	123	70	38
20 - 40	49	44	45
40 - 80	21	18	16
80 - 140	6	6	6
> 140	2	2	2

3.2.1.2 Diseño y aplicación de la encuesta piloto

Se realizó una encuesta preliminar a una muestra seleccionada de 5 productores ubicados en la microcuenca el Hato que tenían las mismas características de la muestra

global, estos 5 productores no formaron parte del estudio. Dicha prueba piloto tuvo como finalidad dar validez interna y confiabilidad al instrumento. Previo a su aplicación, la encuesta preliminar se sometió a revisión por un grupo de profesionales (sociales, economistas, ingenieros) que tienen experiencia en el diseño y aplicación de encuestas.

3.2.1.3 Diseño y aplicación de encuesta final y construcción de la base de datos.

La encuesta aplicada consta de 170 preguntas agrupadas en 9 secciones. La descripción de cada sección trabajada en la encuesta se presenta en la Tabla 2 (Ver Anexo 2). El tiempo destinado para la aplicación de la encuesta fue aproximadamente de 15 a 18 minutos por productor.⁷

Tabla 2. Composición de la encuesta para la línea base de tecnologías en el municipio de San Pedro.

COMPONENTE	DESCRIPCION (Ítems)	Subítems
	Información general sobre la localización del predio	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha de la encuesta • Número de la encuesta • Punto de georreferencia • Vereda • Número de la foto • Acceso a la tierra
	Información predial y de la persona que responde la encuesta.	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de área • Último nivel de estudio
SOCIAL - ECONÓMICA	Información socioeconómica de las personas que ocupan el predio	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de vínculo con la vereda • Composición del hogar • Afiliación a sistema de salud • Fuente de ingreso • Participación en organizaciones sociales del municipio o la vereda
	Información sobre el uso de los recursos naturales y el conocimiento que tienen sobre programas de ahorro del agua y protección de nacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo • Uso del bosque • Uso del agua (agrícola, pecuario, doméstico) • Información de programas de protección
ECONÓMICO	Información sobre los sistemas productivos que se desarrollan en	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos en el predio • Aplicación de agroquímicos

⁷ Esta encuesta fue presentada al grupo de profesionales que hacen parte del proyecto VALORACIÓN ECONÓMICA, ECOLÓGICA Y SOCIO – CULTURAL DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO GRANDE: APROXIMACION CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA, con el fin de obtener recomendaciones y sugerencias para lograr el éxito en la primera parte de la investigación

	la cuenca.	<ul style="list-style-type: none"> • Es rentable la producción
	Información de tecnologías de producción (producción agrícola, producción pecuaria y otras tecnologías que no son agrícolas ni pecuarias pero que se pueden utilizar en un predio rural)	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías de producción
ECOLÓGICO - SOCIAL	Información relacionada con el abastecimiento de agua, disposición de agua residual y la disposición de los residuos de empaques y envases de agroquímicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento (Acueducto, nacimiento, pozo) • Contador en el predio • Sequía y racionamiento de agua • Cambios que ocurre en época de invierno • Agua residual, tipo de descarga
ECOLÓGICA	Información está relacionada con servicios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Disposición de empaques de agroquímicos • Energía eléctrica • Aseo (Disposición de las basuras)
ECONÓMICO – ECOLÓGICO - SOCIAL	Información de las percepciones de los encuestados.	<ul style="list-style-type: none"> • Cuidado del recurso hídrico • Cuidado del medio ambiente • Uso de tecnologías en el predio • Influencia de las organizaciones veredales en las decisiones que se toman en el predio • Otras.

La encuesta se realizó en forma de entrevista directa con la persona que toma las decisiones administrativas de la finca (propietario, administrador o técnico agropecuario).

3.2.2 Diseño y aplicación de juegos experimentales

Con fundamentos en la economía experimental se partió de algunos juegos económicos, aplicando un experimento de laboratorio con estudiantes Universitarios que pertenecen a los programas de Ciencias Agropecuarias. Inicialmente se pretendía realizar el experimento de campo enmarcado (framed field experiment) en la zona de estudio, es decir, en la zona rural del municipio de San Pedro de los Milagros, sin embargo, problemas de orden público y el temor generado por el mismo a los habitantes de la región impidió su desarrollo en dicha zona.

3.2.2.1 Diseño Experimental

Con el objetivo de estudiar las decisiones de adopción de tecnologías de producción agrícolas y pecuarias más amigables con el medio ambiente y estudiar cómo esquemas

regulatorios a través de instrumentos económicos potencian o frenan dicha adopción tecnológica se estableció un diseño experimental basado en tres tratamientos como se muestra en la Tabla 3.

En cada tratamiento se jugaron múltiples períodos que representaban en el experimento períodos de tiempo. Los seis primeros períodos son iguales entre los tres tratamientos. En los tratamientos 2 y 3 los instrumentos económicos (subsidio e impuesto) fueron aplicados entre los períodos 7 y 12 para observar el efecto de una regulación basada en instrumentos económicos sobre la adopción. Con el fin de evaluar si dicho efecto permanecía aun después de haber cambiado el entorno institucional y haber removido el instrumento económico o si se diluía, en los últimos seis períodos se removió el instrumento siendo el diseño institucional del experimento el mismo entre los tres tratamientos para estos últimos periodos.

Tabla 3. Diseño experimental para los tres tratamientos: control, con subsidio y con impuesto.

TRATAMIENTO 1. Tratamiento de Control	TRATAMIENTOS CON INSTRUMENTOS ECONÓMICOS	
	TRATAMIENTO 2. Tratamiento con subsidios a la adopción de tecnologías y prácticas de producción con menos impacto ambiental	TRATAMIENTO 3. Tratamiento con impuestos a la no adopción de tecnologías y prácticas de producción con menos impacto ambiental
Periodo 1	Período 1. Sin subsidio	Periodo 1. Sin impuesto
Periodo 2	Período 2. Sin subsidio	Periodo 2. Sin impuesto
Periodo 3	Período 3. Sin subsidio	Periodo 3. Sin impuesto
Periodo 4	Período 4. Sin subsidio	Periodo 4. Sin impuesto
Periodo 5	Período 5. Sin subsidio	Periodo 5. Sin impuesto
Periodo 6	Período 6. Sin subsidio	Periodo 6. Sin impuesto
Periodo 7	Período 7. Con subsidio	Periodo 7. Con impuesto
Periodo 8	Período 8. Con subsidio	Periodo 8. Con impuesto
Periodo 9	Período 9. Con subsidio	Periodo 9. Con impuesto
Periodo 10	Período 10. Con subsidio	Periodo 10. Con impuesto
Periodo 11	Período 11. Con subsidio	Periodo 11. Con impuesto
Periodo 12	Período 12. Con subsidio	Periodo 12. Con impuesto
Periodo 13	Período 13. Sin subsidio	Periodo 13. Sin impuesto
Periodo 14	Período 14. Sin subsidio	Periodo 14. Sin impuesto
Periodo 15	Período 15. Sin subsidio	Periodo 15. Sin impuesto
Periodo 16	Período 16. Sin subsidio	Periodo 16. Sin impuesto
Periodo 17	Período 17. Sin subsidio	Periodo 17. Sin impuesto
Periodo 18	Período 18. Sin subsidio	Periodo 18. Sin impuesto

De esta manera se esperó lo siguiente:

- No diferencias significativas en la tasa de adopción en los seis primeros períodos entre los tres tratamientos.

- Las diferencias en la tasa de adopción entre el tratamiento de control y cada uno de los tratamientos 2 y 3 para los periodos equivalentes del 7 al 12 será atribuible a la presencia previa del instrumento económico
- Las diferencias en la tasa de adopción entre el tratamiento de control y cada uno de los tratamientos 2 y 3 para los periodos equivalentes del 13 al 18 será atribuible a la presencia previa del instrumento económico.

Para cada tratamiento se jugaron 2 sesiones con 25 participantes cada una.

El experimento intentó recrear una situación en la cual los agentes tomaban decisiones acerca de la adopción de determinadas tecnologías de producción en su finca. Cada una de estas tecnologías tenía consecuencias sobre la calidad ambiental así como consecuencias sobre los rendimientos económicos individuales. La descripción de cada una de estas fincas se muestra en la Figura 4. Además de las características de producción de los dos tipos de finca, se presentaban rendimientos económicos diferentes entre ellos. Con la adopción de la Finca 1 (Finca convencional) se garantizaba mayor beneficio económico a nivel individual en cada periodo de tiempo, mientras que con la adopción de la Finca 2 (Finca ecológica) se renunciaba a parte de dichos beneficios económicos. Lo anterior basado en las conclusiones publicadas en la revista científica *Ecology Letters* de la investigación llevada a cabo por Dooren *et al.*, 2010; donde los autores muestran que para producir la misma cantidad de alimentos con el sistema orgánico se tendría que utilizar el doble de la cantidad de tierra que necesita la agricultura convencional, por lo tanto para satisfacer las demandas futuras de la producción de alimento habrá que mantener la agricultura más productiva de forma más intensiva posible, esto hace que la agricultura ecológica sea menos rentable que la convencional.

Las decisiones eran tomadas de forma individual y anónima. Al final de cada periodo, el instructor del juego decía en voz alta cuantos participantes eligieron la Finca 2 y cuantos decidieron elegir la Finca 1, pero en ningún momento el instructor decía el nombre de estos participantes.

Figura 4. Fichas descriptivas de los tipos de finca a ser adoptada.

Finca convencional (Finca 1)	Finca con menos impacto ambiental (Finca 2)
Presenta alto uso de agroquímico, riego de estiércol en los pastos sin tratamiento previo y con tiempo de permanencia menor al recomendado, se hace uso de concentrado para alimentar al ganado, inadecuada disposición de empaques de agroquímicos, no se presenta adecuada rotación de pastoreo	Presenta alto uso de productos orgánicos, riego de estiércol en los pastos con tratamiento previo (biodigestor o tiempo max. de permanencia en el tanque estercolero de 8 días), se hace poco uso de concentrado para alimentar al ganado, se presenta producción de forraje para suministro de nutrientes al ganado, se realiza adecuada disposición de empaques de agroquímicos y adecuada rotación de lotes de pastoreo

Las ecuaciones para el pago de los participantes de los tres tratamientos implementados en el experimento se presentan a continuación.

Tratamiento 1. Tratamiento de control.

En cada período del experimento los individuos elijen la finca con que quieren producir, cada una de las fincas genera unas ganancias derivadas de la producción (que se representa a través de la variable α). Dichas ganancias son mayores para la Finca 1 que para la Finca 2 por las razones explicadas anteriormente. La diferencia de las ganancias de producción entre la Finca 1 y la Finca 2 está determinada por el parámetro β .

Como se mencionó anteriormente, la adopción de la Finca 2 representa una mejora en la calidad ambiental. Dicha mejora en la calidad ambiental tiene las características de un bien público (no excluyente y no rival), por tanto la decisión de adoptar la Finca 2 puede ser interpretada como una decisión de aportar a un bien público, con la consecuente presencia del dilema social asociado a la provisión de los bienes públicos. En este caso, aquellos que adoptan la Finca 2 están aportando una cantidad β a la provisión de un bien público. Tener una mejora en la calidad ambiental implica también unos beneficios para los participantes. Dichos beneficios dependen del número de participantes que adoptan la Finca 2 (a mayor número de fincas agro-ecológicas mayores serán los beneficios obtenidos) y son disfrutados por todos los habitantes de la región, incluso aquellos que no adoptaron la Finca 2.

Las ganancias de cada uno de los participantes en este tratamiento estarán dadas entonces por las ganancias privadas (que dependen del tipo de finca elegida) y las ganancias asociadas con una mejora en la calidad ambiental (ganancias provenientes del bien público). Lo anterior está representado en las Ecuaciones 2 y 3, donde Y_{1-1} y Y_{1-2} representan las ganancias que obtienen en el tratamiento 1 los participantes que elijen la Finca 1 y la Finca 2 respectivamente, el m es el número de participantes que adopta la Finca 2 y $\frac{\theta}{n}$ es el beneficio marginal per cápita del bien público donde $\theta = 1,5$

$$Y_{1-1} = \alpha + \frac{\theta}{n}\beta * m \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$Y_{1-2} = \alpha - \beta + \frac{\theta}{n}\beta * m \quad (\text{Ecuación 3})$$

La adopción de fincas con tecnologías de producción más sostenibles desde el punto de vista ambiental no sólo genera beneficios ambientales para los habitantes de la región donde la producción tiene lugar. A menudo las externalidades de la producción se extienden a otras regiones geográficas, por ejemplo las consecuencias de la producción aguas arriba de una cuenca pueden ser expresadas a través de cambios en la calidad del

agua aguas abajo de la zona productiva. La valoración económica del daño evitado aguas abajo por el uso de técnicas de producción amigables con el medio ambiente, esto es el beneficio marginal de la adopción de la Finca 2, se representó en el experimento a través del parámetro γ . Con el ánimo de recrear esta situación en el experimento se informó a los participantes que para representar esta situación en el juego, por cada Finca 2 que fuera adoptada, se haría una donación equivalente al parámetro γ a la Escuela de la Universidad Nacional para que desarrollen programas ambientales.

Los beneficios externos generados en el tratamiento 1 por la adopción de la Finca 2, que representan el daño evitado aguas abajo se representan entonces a través de la ecuación 4:

$$D_{AA-1} = \gamma * m \quad (\text{Ecuación 4})$$

De acuerdo con los modelos económicos tradicionales que predicen que los individuos son seres racionales y egoístas cuyo objetivo es maximizar sus ganancias, la tasa de adopción de la Finca 2 debería ser igual a cero dado que las ganancias individuales se maximizan con la Finca 1. En contraste, el bienestar social (dado por la suma de las ganancias individuales aguas arriba y las ganancias aguas abajo) se maximiza cuando todos los participantes adoptan la Finca 2.

El bienestar social (WS) puede ser calculado de la siguiente manera:

$$WS_1 = \underbrace{(n - m) * Y_{1-1} + m * Y_{1-2}}_{\text{Ganancias privadas}} + \underbrace{D_{AA-1}}_{\text{Beneficio externo generado aguas abajo}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Remplazando las ecuaciones (2), (3) y (4) en (5) y simplificando se obtiene que el bienestar social (WS) está dado por la ecuación 5

$$WS_1 = n * \alpha + \beta * m * (\theta - 1) + \gamma * m \quad (\text{Ecuación 6})$$

Si todos los participantes se guían por su interés individual y eligen la Finca 1 (en este caso $m=0$) el bienestar social es igual a $n * \alpha$; si por el contrario todos los participantes eligen la Finca 2 ($m=n$) el bienestar social es igual a $n * \alpha + n[\beta(\theta - 1) + \gamma]$. Claramente el bienestar social es mayor cuando todos los participantes eligen la Finca 2.

Esta divergencia entre el óptimo social y el óptimo privado es el dilema social que se presenta en esta situación. En línea con la literatura previa que estudia el comportamiento de los individuos en dilemas sociales, se da una tasa positiva de adopción de la Finca 2 en el tratamiento 1 (que se denotará en adelante como λ^{T1}) que es explicada por motivaciones relacionadas con el interés de cuidar el medio ambiente y con motivaciones altruistas por los beneficios que este cuidado generan sobre terceros.

Tratamiento 2. Subsidio para la Finca 2.

En este tratamiento, los participantes que deciden adoptar la Finca 2, reciben un subsidio que intenta reducir la brecha de las ganancias privadas de producción entre la Finca 1 y la Finca 2. En general este tipo de instrumentos pueden asimilarse a los Pagos por Servicios Ambientales que han sido implementados en varios países, que en algunos casos intentan promover el uso de mejores tecnologías de producción. Generalmente estos pagos intentan estimular la adopción de mejores prácticas y aunque en la literatura se menciona que para que sean viables deberían ser al menos iguales al costo de oportunidad, muchas veces esto no se cumple. En muchas oportunidades la población aguas abajo son quienes hacen los pagos que soportan dichos sistemas; en este orden de ideas, la máxima disposición marginal a pagar de las personas aguas abajo está dada por los beneficios marginales asociados con la adopción de la Finca 2.

Las ganancias privadas de los participantes que en este tratamiento adoptan la Finca 1 y la Finca 2 (Y_{2-1} Y_{2-2}) están dadas por las ecuaciones 7 y 8 respectivamente.

$$Y_{2-1} = \alpha + \frac{\theta}{n} \beta * m \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$Y_{2-2} = \alpha - \beta + \frac{\theta}{n} \beta * m + \gamma \quad (\text{Ecuación 8})$$

En el presente experimento se asumió que $\gamma \leq \beta$ con dos objetivos fundamentalmente: (i) representar el hecho de que en realidad muchos de los pagos que se hacen para promover el uso de tecnologías ambientalmente más sostenibles no compensan los costos de oportunidad y (ii) Mantener el dilema social presente en el tratamiento 1.

La predicción de los modelos económicos tradicionales, así como en el tratamiento control, es que la tasa de adopción de la Finca 2 sea igual a cero. Así como en el tratamiento anterior, la hipótesis planteada es que se va a observar una tasa positiva de adopción de la Finca 2 que se denota como λ^{T2} . La comparación entre λ^{T2} Vs λ^{T1} entre períodos equivalentes entre tratamientos (entre períodos 7 y 12) arroja un indicador del efecto del subsidio sobre la tasa de adopción.

En este tratamiento, los beneficios generados aguas abajo por la adopción de la Finca 2 se hacen iguales a cero dado que la comunidad aguas abajo paga una cantidad de dinero igual a los beneficios que reciben $D_{AA} -_2 = \gamma * m - \gamma * m = 0$.

El bienestar social (WS) puede ser calculado de la siguiente manera:

$$WS_2 = \underbrace{(n-m)*Y_{2-1} + m*Y_{2-2}}_{\text{Ganancias privadas}} + \underbrace{D_{AA-21}}_{\text{Beneficio externo generado aguas abajo}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Remplazando las ecuaciones (7), (8) en (9) y simplificando se obtiene que el bienestar social (WS) está dado por la ecuación 9.

$$WS_2 = n*\alpha + \beta*m*(\theta-1) + \gamma*m \quad (\text{Ecuación 10})$$

Si todos los participantes se guían por su interés individual y eligen la Finca 1 (en este caso $m=0$) el bienestar social es igual a $n*\alpha$; si por el contrario todos los participantes eligen la Finca 2 ($m=n$) el bienestar social es igual a $n*\alpha + n[\beta(\theta-1) + \gamma]$. Claramente el bienestar social es mayor cuando todos los participantes eligen la Finca 2.

En este tratamiento, aun con la presencia del subsidio se mantiene el dilema social presente en el tratamiento 1 dado que los beneficios privados se maximizan adoptando la Finca 1 mientras que los beneficios sociales se maximizan adoptando la Finca 2.

Tratamiento 3. Impuesto para la Finca 1.

En este tratamiento, aquellos participantes que deciden adoptar la Finca 1 deben pagar un impuesto equivalente al daño marginal producido por la misma (que coincide con el parámetro γ) como compensación por el daño provocado.

Las ganancias privadas obtenidas por los participantes que en el tratamiento 3 adoptan la Finca 1 (Y_{3-1}) y los que adoptan la Finca 2 (Y_{3-2}) se representan a través de las ecuaciones 11 y 12 respectivamente:

$$Y_{3-1} = \alpha + \frac{\theta}{n}\beta * m - \gamma \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$Y_{3-2} = \alpha - \beta + \frac{\theta}{n}\beta * m \quad (\text{Ecuación 12})$$

En el experimento, el dinero recolectado a través del impuesto se usa para compensar a los afectados aguas abajo por la adopción de la Finca 1. Así entonces, las ganancias sociales aguas abajo (D_{AA-3}) se componen de los daños evitados por la cantidad de participantes que adoptaron la Finca 2 más la compensación recibida por los daños producidos por los participantes que adoptaron la Finca 1. Dicha ganancia está representada por la Ecuación 13,

$$D_{AA-3} = \gamma * (n - m) + \gamma * m = \gamma n \quad (\text{Ecuación 13})$$

El bienestar social (WS) puede ser calculado de la siguiente manera:

$$WS_3 = \underbrace{(n-m)*Y_{3-1} + m*Y_{3-2}}_{\text{Ganancias privadas}} + \underbrace{D_{AA-3}}_{\text{Beneficio sextemos generados aguas abajo}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Remplazando las ecuaciones (11), (12) y (13) en (14) y simplificando se obtiene que el bienestar social (WS) está dado por la ecuación 15.

$$WS_3 = n*\alpha + \beta*m*(\theta-1) + \gamma*m \quad (\text{Ecuación 15})$$

Si todos los participantes se guían por su interés individual y eligen la Finca 1 (en este caso $m=0$) el bienestar social es igual a $n*\alpha$; si por el contrario todos los participantes eligen la Finca 2 ($m=n$) el bienestar social es igual a $n*\alpha + n[\beta(\theta-1) + \gamma]$. Claramente el bienestar social es mayor cuando todos los participantes eligen la Finca 2.

El modelo tradicional de la economía predice que los individuos son seres racionales y egoístas que pretenden maximizar sus ganancias, por tal se pensaría que la tasa de adopción de la Finca 2 va ser igual a cero. Sin embargo, la hipótesis planteada es que se va a observar una tasa positiva de adopción de la Finca 2 y se denota como λ^{T3} .

De acuerdo con la teoría de hacinamiento, los incentivos monetarios extrínsecos pudieran excluir la realización de las motivaciones intrínsecas del comportamiento pro-social. Encontrar una tasa de adopción de tal manera que $\lambda^{T3} < \lambda^{T1}$ y $\lambda^{T2} < \lambda^{T1}$ para los períodos de tiempo en los cuales se aplica los instrumentos económicos apoyaría el efecto de exclusión en este contexto.

La comparación entre $\lambda^{T1} - \lambda^{T2}$ y $\lambda^{T1} - \lambda^{T3}$ permite observar si hay una diferencia entre los efectos de los subsidios frente a las multa de los impuestos.

3.2.2.2 Aplicación Experimental y Procedimientos

Los experimentos fueron implementados en Septiembre de 2012. Los participantes fueron estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, particularmente de las carreras Zootecnia, Ingeniería Agronómica, Ingeniería Agrícola e Ingeniería Forestal. Para el reclutamiento, los participantes fueron convocados de forma masiva por el correo institucional. (Véase Anexo 4), de la lista de participantes inscritos se seleccionaron algunos al azar y se convocaron para los días previstos para los juegos.

Al inicio del experimento, cuando cada participante estaba entrando al salón se le asignó un número con el que sería identificado en el resto del experimento. Los participantes

fueron ubicados en el salón y estaban distribuidos de forma tal que hubiera suficiente espacio entre ellos para garantizar la anonimidad de sus decisiones. Una vez todos los participantes estaban en el salón, el experimentador les dió la bienvenida e inició con el experimento. Las instrucciones fueron leídas por el instructor en voz alta, si algún participante tenía alguna pregunta levantaba la mano y el monitor se acercaba para resolverla. Una vez se terminó de leer las instrucciones y todas las preguntas fueron resueltas se dió inicio al experimento.

Inicialmente se realizaron dos pruebas ejemplos con el fin de garantizar que todos los participantes hubieran entendido la dinámica del experimento, seguido de esto, se realizaron las pruebas que se tuvieron en cuenta para el análisis del juego económico. A cada uno de los participantes se le entregaba una ficha donde debía tomar la decisión de forma anónima de la finca con la cual quería (Figura 5); la entrega de la ficha se realizaba al inicio de cada período del experimento (18 periodos) y cada periodo representaba un periodo de tiempo donde los productores (participantes) tenían la oportunidad de evaluar qué finca elegirían en el próximo periodo. Seguido de la toma de decisiones por parte de los participantes, el monitor pasaba por cada puesto para recibir de forma anónima la ficha con la decisión de cada uno, realizaba el recuento de la cantidad de Fincas 1 y Fincas 2 y decía en voz alta la cantidad de cada una de estas. Los participantes procedían a escribir sus ganancias en la hoja de cálculo que se les había entregado al inicio del experimento (Figura 6), de esta forma ellos podían tener una idea de cómo iban sus ganancias.

Figura 5. Tarjeta de decisión.

Código del participante:		--- Parte 1	Periodo No.
Finca 1		Finca 2	
Quema de residuos y empaques	Uso de agroquímicos	Compostaje	Uso de biodigestor
			
	Concentrado para el ganado	Forraje	
Puntos para usted		Puntos para usted	

En la Figura 6 se observa la hoja de cálculo que los participantes llenaban para hacerle seguimiento a sus ganancias, en esta aparecen dos tablas: la primera es para las dos rondas de ejemplo que se realizaron al inicio del juego, la segunda es la tabla donde el jugador debía escribir las ganancias por su decisión durante cada periodo, en esta aparecen tres columnas: en la primera columna el participante debía escribir el periodo de juego (Periodo 1, Periodo 2, Periodo 18), en la segunda columna debía escribir la

ganancia de producción obtenida por la decisión tomada (cada una de las fincas generaba ganancias diferentes derivadas de la producción) y en la tercera columna el participante debía escribir las ganancias obtenidas por el aporte β realizado por aquellos participantes que adoptaron la Finca 2 (este aporte está pensado como una contribución a un bien público, este beneficio dependió del número de participantes que adoptaron la Finca 2, a mayor número de Fincas 2 mayores serían los beneficios obtenidos) y eran disfrutados por todos los participante, incluso aquellos que no adoptaron la Finca 2. El valor para esta columna fue tomado de una tabla que se les presentó a los participantes durante el experimento (Anexo 10).

Figura 6. Formato hoja de cuentas del jugador.

HOJA DEL JUGADOR

Sesión: 1

Jugador No.: _____



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Rondas de ejemplos		
Ejemplo 1		
Ejemplo 2		

Ronda	Puntos por finca	Ganancia por donación
Total Ganancias	=	

A partir del periodo 7 el monitor leyó las nuevas instrucciones porque se introdujeron algunos instrumentos económicos (subsidio e impuesto) para los tratamientos 2 y 3, el tratamiento 1 continuó igual que en la primera parte del juego. El procedimiento que se siguió fue el mismo que en la primera parte, los participantes debían elegir con cuál finca querían producir y lo único que cambia eran sus ganancias. A partir del periodo 13 el monitor leyó las nuevas instrucciones ya que en los últimos seis períodos se removieron los instrumentos aplicados, siendo el diseño institucional del experimento el mismo entre los tres tratamientos para estos últimos periodos. El procedimiento en estos últimos periodos fue igual que en la primera parte, los participantes debían elegir con cuál finca querían producir.

El rango de ganancias para este primer juego estuvo entre \$ 26.300 pesos y \$ 14.600 pesos con un promedio de \$ 20.250 pesos y una desviación estándar de \$ 2.500. En el momento del experimento, el salario mínimo diario en el país era de \$ 18.850.

Con el objetivo de tener un indicador de la aversión al riesgo de los participantes, una vez terminaron de tomar las decisiones de adopción durante los 18 períodos de tiempo, se implementó un experimento de riesgo (también pagado) adaptado del experimento de Holt y Laury (2002).

En este experimento los participantes debían elegir para un conjunto de 10 opciones, entre dos loterías: Lotería A o Lotería B. El pago con la lotería A era constante, no presentaba ningún riesgo y era igual a 5.000 pesos Colombianos. La lotería B era riesgosa pero ofrecía un pago dos veces mayor a la lotería A (10 mil pesos Colombianos). Para la primera opción, el participante debía elegir entre ganarse 5 mil pesos con seguridad o jugar una lotería B en la que la probabilidad de ganarse 10 mil pesos en la lotería B era de 9/10 y una probabilidad de 1/10 de no ganarse nada. En la segunda opción el participante debía decidir entre ganarse 5 mil pesos con seguridad (lotería A) o jugar una lotería en la que había una probabilidad de 8/10 de ganarse 10 mil pesos y una probabilidad de 2/10 de ganar cero (lotería B). En la tercera opción decidir entre ganarse 5 mil pesos con seguridad (lotería A) o jugar una lotería en la que había una probabilidad de 7/10 de ganarse 10 mil pesos y una probabilidad de 3/10 de no ganar nada (lotería B). Cuando la probabilidad de ganarse 10 mil pesos se reduce hasta cierto punto la persona debería empezar a elegir la lotería A. Por tanto el punto de cruce de la lotería B a la lotería A es un indicador del grado de aversión al riesgo de una persona. Un participante que se cambió a la lotería A cuando había una probabilidad de 7/10 de ganarse 10 mil pesos y 3/10 de no ganar nada es más aversa al riesgo que una persona que se cambió cuando había una probabilidad de 4/10 de ganarse 10 mil pesos y de 6/10 de no ganarse nada. Claramente, mientras más alta sea la probabilidad para la que la persona se cambia de la lotería B a la lotería A, más alta la aversión al riesgo.

A los participantes se les informó desde el inicio del experimento de riesgo que al momento del pago una de las 10 opciones sería elegida aleatoriamente para el pago usando un instrumento tal que cada una de las 10 opciones tuviera la misma probabilidad de ser elegida. Si el participante eligió la lotería B en la alternativa elegida, entonces un segundo instrumento fue usado para jugar la lotería de acuerdo con las probabilidades indicadas.

Una vez finalizado el experimento de riesgo los participantes debían responder una encuesta diseñada con el fin de recolectar información detallada sobre aspectos socioeconómicos, actitudes y preferencias en cuanto normas sociales. La encuesta socioeconómica comprendía: a) Características del participante: Edad, género y estado

civil; b) Información de la carrera: Carrera, Semestre, cantidad de materias ambientales cursadas; c) Información económica: gastos mensuales; d) Experiencia en fincas y si tienen o no finca y por último se hicieron preguntas de percepción con respecto al interés en el cuidado del medio ambiente.

Una vez completada la encuesta, los participantes recibían en privado su pago derivado de los resultados de los juegos y del experimento de riesgo.

Capítulo IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos. En la primera sección se presenta el análisis descriptivo de la información obtenida en la encuesta de la línea base de tecnologías agropecuarias existentes en la microcuenca el Hato, en la segunda sección se presentan los resultados obtenidos de los juegos experimentales realizados a los productores en la misma microcuenca, y por último se presentan la discusión y análisis de resultados.

4.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

4.1.1 Análisis descriptivo de los resultados

Para efectuar el análisis estadístico descriptivo de la información, en esta tesis se tomó en cuenta sólo la información de la encuesta donde se preguntaba por las tecnologías existentes en los predios, la disponibilidad e interés del encuestado en el proceso de adopción tecnológica, además de determinar algunas motivaciones de los agricultores y ganaderos para cuidar el medio ambiente por medio de las tecnologías adoptadas y cómo percibían sus ganancias cuando tenían tecnologías de producción en su predio.

4.1.1.1 Principales características sociales de los productores

Los resultados indican que, en la mayoría de los casos el encuestado fue el mismo propietario (61%), situación que era de esperarse, pues como se conoce la mayoría de los predios son pequeños y generalmente el mismo propietario se encuentra al frente de la dirección de su finca. El 35% de los encuestados eran administradores de las fincas, estos en su mayoría están ligados a fincas medianas o tecnificadas. El 4% de las encuestas restantes la contestaron: jornaleros, mayordomos y encargados de los sistemas productivos.

Para tener un indicativo de dinámica poblacional de la zona de estudio, se preguntó acerca de los **años que llevaban viviendo los encuestados en la vereda donde actualmente residen**, el 45% de los encuestados llevan menos de 10 años viviendo en el predio, estos resultados indican que la dinámica poblacional de la zona estudiada es muy alta. Los resultados corroboran la conclusión realizada en el estudio “**Valoración económica, ecológica y socio – cultural de bienes y servicios ambientales en la cuenca del río grande**”, llevado a cabo por la Universidad Nacional y Corantioquia, esta argumenta que lo anterior se debe a problemas como carencia de oportunidades, insuficiencia en la prestación de servicios públicos y sociales como salud y educación, problemas de orden público y bajo apoyo a la producción agrícola en la zona. El 55%

restante aseguraron que llevan más de 10 años en la región, de los cuales el 70% afirmaron que llevan toda su vida viviendo en el mismo predio. Por consiguiente se esperaría que a mayor estabilidad de los productores en sus sistemas productivos se presentara un mayor porcentaje de adopción (Feder y Umali, 1993). Sin duda, la estabilidad es un factor limitante para el proceso de adopción de tecnologías con menor impacto ambiental que afecta negativamente a los agentes económicos en el sector rural (Kebede *et al.*, 1991; Cáceres, 1993,1995; De Souza Filho *et al.*, 1999; Rubas, 2004).

En la encuesta se indagó además por el nivel de educación de los encuestados, se encontró que la mayoría de los encuestados se ubicaron en el rango de básica primaria con un 55 %, el 34 % presentaron nivel de bachiller y tan sólo el 6 % realizaron estudios más avanzados (Técnica, Universitaria y Posgrado), el otro 5% restante no presentaron ninguna clase de estudios. Desde un punto de vista general es notoria la baja educación, circunstancia nada deseable frente a la posibilidad y conocimiento para adoptar nuevas tecnologías. Algunos autores han mostrado en sus estudios que la educación es un factor relevante a la hora de adoptar nuevas tecnologías en el sector rural, adicionalmente reportan que la adopción de tecnología es más rápida a medida que es mayor es el nivel educativo del agricultor (Christensen R. 2001; Kebede *et al.*, 1991; Rubas, 2004).

4.1.1.2 Tecnologías de Producción Agrícola

Las tecnologías de producción agrícola se definen como aquellas tendientes a mejorar los sistemas de producción agrícola y a disminuir los impactos generados por algunas inadecuadas prácticas que se realizan para llevar a cabo la actividad (Escobar y Berdegué, 1990; Carmona *et al*, 2005). Las tecnologías de producción que se incorporaron en la encuesta fueron: recolección de agua lluvia, biodigestor, compostaje y lombricultivo. Se eligieron estas cuatro tecnologías debido a los resultados obtenidos en una prueba de observación inicial que se realizó en el área de interés, se detectó que eran las tecnologías con mayor diversidad de adopción en la zona de estudio.

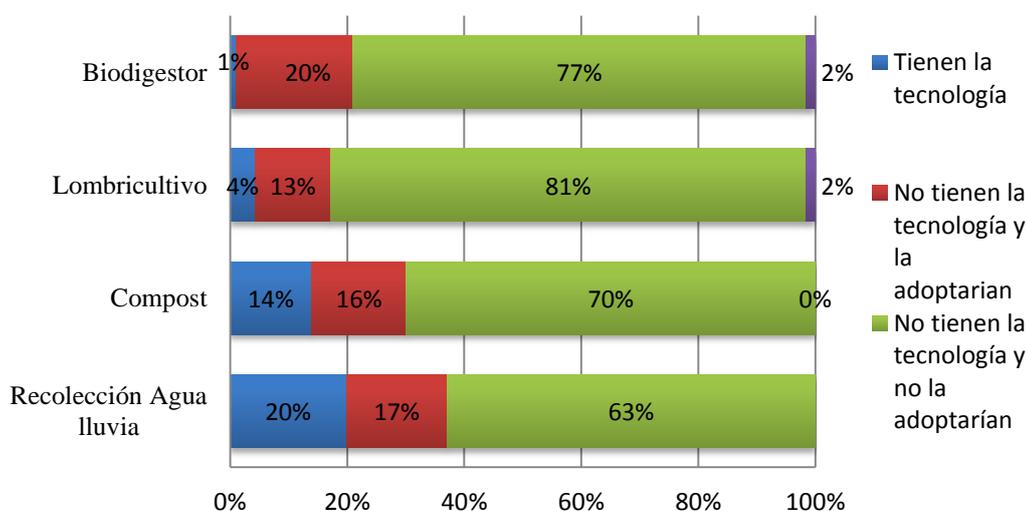
De acuerdo al estudio realizado, en la categoría de tecnologías agrícolas se obtuvo que el 20% de la muestra total presentó sistema de recolección de aguas lluvias en los predios, el 14% presentó la tecnología compostaje y en proporción mínima se encontró el lombricultivo y el biodigestor con 4% y 1%, respectivamente. Aunque en la literatura se encuentran reportados los beneficios otorgados por dichas tecnologías, es claro que el porcentaje de adopción de tecnologías de producción agrícola presentado por la comunidad encuestada fue bajo. Como se observa en la Figura 7, en promedio el 73% de la población encuestada mostró ser indiferente en la implementación de tecnologías agrícolas. Solo 16,5% de los que no presentaron la tecnología dijeron tener interés en adoptarla.

En cuanto a la **recolección de agua lluvia**, se evidenció que fue la tecnología de producción con mayor aceptación por parte de los encuestados (19,8% del total de encuestados). Partiendo de las respuestas dadas por los entrevistados en la pregunta “¿Por qué hacen uso de la anterior tecnología?”, dicho interés se pudo atribuir a los beneficios económicos que la tecnología presenta en los sistemas productivos, disminuyendo los costos generados por el abastecimiento de agua como suministro esencial para realizar las labores de producción en los predios.

Se encontró además que el 46% de los que dijeron tener la tecnología de **recolección de agua lluvia** no sabían si existían programas que fomentaran el ahorro de agua en los predios, 27% de los que presentaron la tecnología conocían y sabían en qué consistían los programas municipales de protección y ahorro de agua y el 28% restante de los encuestados que presentaron la tecnología, la mitad sabía que existían programas de ahorro de agua pero no sabía en qué consistían y la otra mitad aseguró que no habían programas de ahorro de agua. Dicho resultado fue importante ya que se pudo inferir que muchas personas presentaron interés en el ahorro de agua aun sin conocer programas municipales que motivaran a realizar dicha conservación.

Las demás tecnologías agrícolas por las que se indagó en la encuesta (compostaje, lombricultivo y biodigestor) fueron tecnologías de baja adopción, aproximadamente el 6% de los encuestados afirmaron tener en sus predios una de estas tres (3) tecnologías. En la Figura 7 se observa además, que aproximadamente el 76% de los encuestados que dijeron no presentar estas tecnologías en sus predios no estaban interesados en su adopción, lo cual refleja el poco interés de los encuestados en implementar tecnologías de producción agrícola.

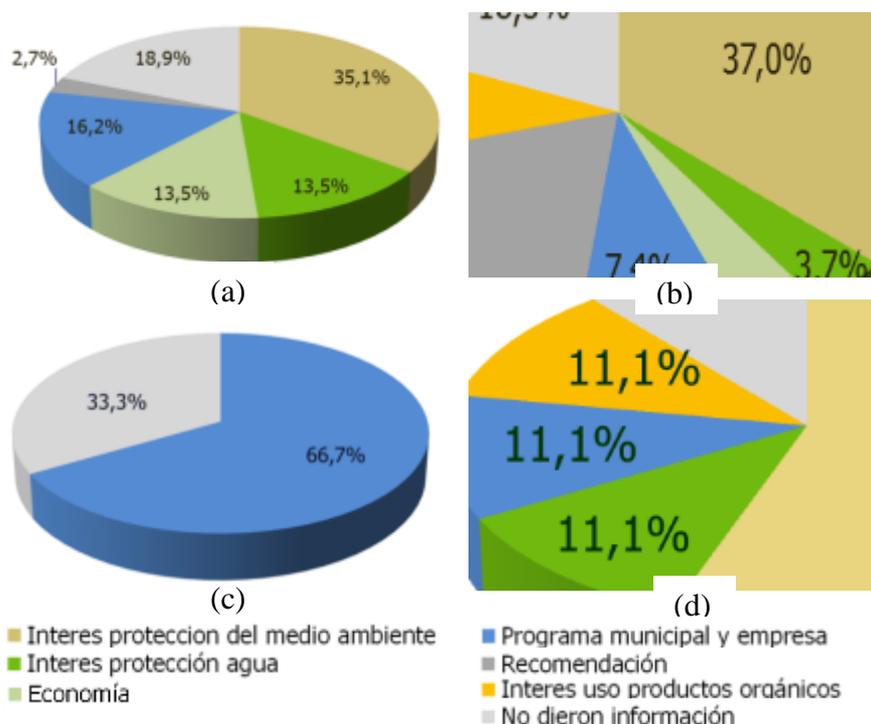
Figura 7. Tecnologías agrícolas presentadas por la población muestra encuestada.



Se les preguntó a los productores encuestados cuáles eran las motivaciones que ellos presentaron para adoptar estas tecnologías de producción agrícola (Ver Figura 8). Se observa que en promedio el 52,5% de los encuestados que aseguraron tener una de estas tecnologías agrícolas, señalaron que su interés primordial era el cuidado del medio ambiente; el 20,5% los encuestados relacionaron su interés con la economía que dichas tecnología reflejan en sus predios debido a la disminución de gastos en la compra de insumos químicos y la disminución en las cuentas del agua. Otro 15% lo referenciaron a recomendación por parte de otros usuarios y el 12% restante lo relacionaron a otros tipos de motivaciones como: Programas municipales e interés en la producción orgánica.

De igual forma en la Figura 8 se puede observar que las motivaciones de los encuestados variaron entre tecnologías, por ejemplo los encuestados que aseguraron tener la tecnología de recolección de agua lluvia y manifestaron que su interés era con el propósito de cuidar el medio ambiente fue diferente que el reflejado por quienes dijeron haber adoptado el lombricultivo con el mismo propósito. Así sucede con el resto de motivaciones referidas por los encuestados que presentaron una o más de estas tecnologías agrícolas. De lo anterior se puede deducir la importancia de los diferentes medios de la difusión (recomendaciones por vecinos, programas municipales y de las empresas lechera) que hacen referencia a las ventajas presentadas por dichas tecnologías tanto para el cuidado del medio ambiente como para las ganancias de producción, además de la importancia del comportamiento altruista de los participantes cuando reflejan que la mayor motivación se debe al interés por el cuidado del medio ambiente.

Figura 8. Motivaciones de adopción de tecnologías agrícolas, recolección de agua lluvia (a), compostaje (b), biodigestor (c) y lombricultivo (d).

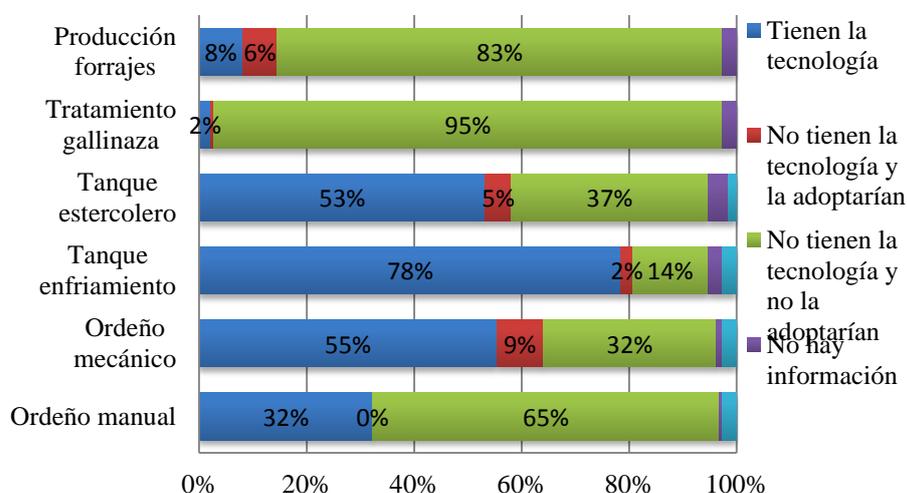


4.1.1.3 Tecnologías de producción pecuaria

La actividad pecuaria es de gran importancia socioeconómica para el país, sirve de base para el desarrollo del sector agropecuario nacional, proporcionando alimentos y materias primas, divisas, empleo y generando los ingresos en el sector rural. Los ganaderos adoptan tecnologías que les ayuden aumentar la producción de sus predios (Khanal *et al.*, 2010), las tecnologías que tienen mayor diversidad en la adopción en la zona son: sistema de ordeño mecánico, tanque estercolero, salas de ordeño y tanque de enfriamiento.

En la Figura 9 se presentan los resultados obtenidos para la sesión de adopción de tecnologías pecuarias presentada en la encuesta. Se observa que hubo mayor adopción que en las tecnologías agrícolas y se encuentra que hay una significativa adopción del tanque estercolero, ordeño mecánico y tanque de enfriamiento, esto claramente porque la región encuestada en su mayoría (83%) fueron predios destinados a la producción pecuaria. En menor proporción se presentó la producción de forraje con 8% y el tratamiento de gallinaza con 2%, estas dos (2) últimas tecnologías fueron además las que mostraron menor interés de adopción por parte de los encuestados.

Figura 9. Tecnologías pecuarias presentadas por la población muestra encuestada.

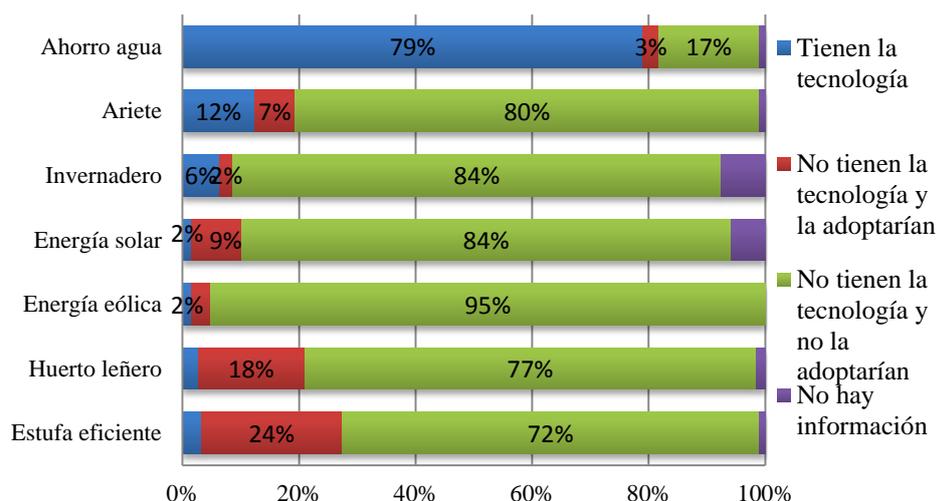


4.1.1.4 Otras tecnologías

En los sistemas productivos tanto agrícolas como pecuarios se presentan algunas otras tecnologías que no necesariamente buscan aumentar la producción en el predio. Para este ítem, se le preguntó a los encuestados por la existencia de tecnologías de eficiencia energética y que favorecieran el cuidado y la conservación del recurso agua. Las tecnologías por las que se preguntó fueron: Estufa eficiente, huertos leñeros, energía solar y eólica, invernadero, ahorro de agua y arietes.

En las encuestas se encontró que el 80% de los encuestados respondieron que presentaban en sus predios algún tipo de sistema de ahorro de agua (Figura 10). Este ahorro lo realizaban en la mayoría de los casos (78%) con flotadores en los bebederos del ganado y dijeron tenerlos por tradición. Continuando con el análisis, se observa en la Figura 10 que el resto de tecnologías presentaban bajo interés de adopción, debido al desconocimiento por parte de los encuestados acerca de los beneficios de las mismas.

Figura 10. Otras tecnologías presentadas por la población muestra encuestada.

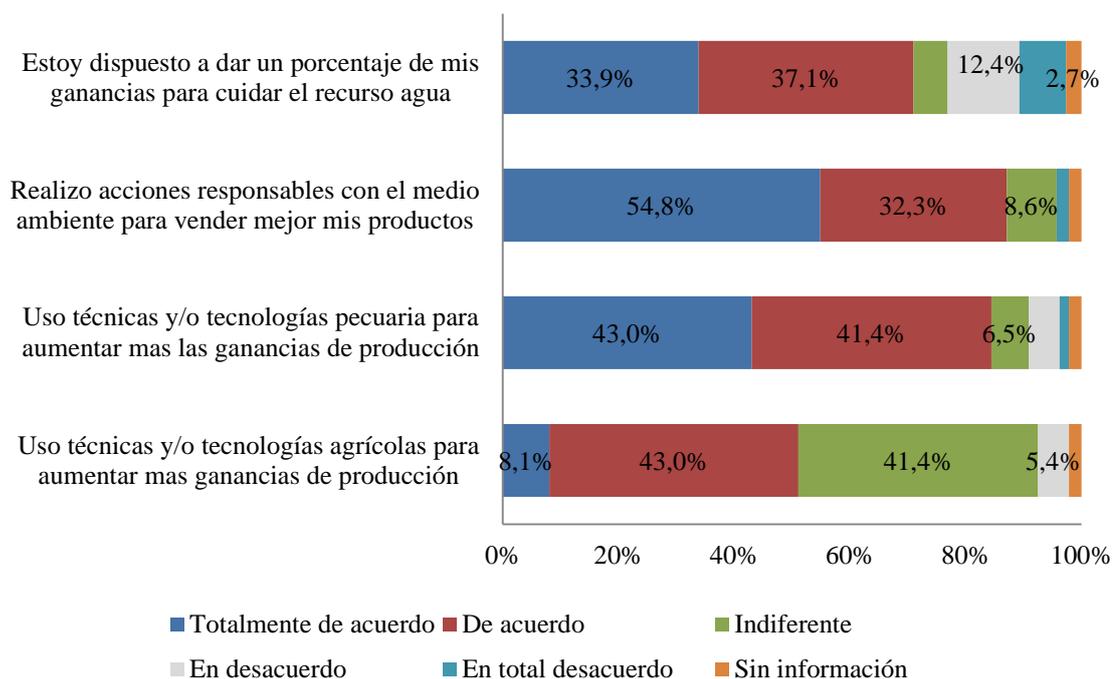


4.1.1.5 Percepciones

Con el fin de determinar las percepciones de los encuestados en cuanto a los beneficios que otorga la adopción de tecnologías de producción amigables con el medio ambiente, se indagó por tres (3) tipos de percepciones: de ganancia, de adopción y de imagen. Los resultados obtenidos se presentan en: Figura 11, Figura 12 y Figura 13.

En la Figura 11 se presentan los resultados obtenidos para las motivaciones de ganancias, donde se encontró que aproximadamente el 70% de los encuestados estaban dispuestos a dar un porcentaje de sus ganancias para cuidar el recurso agua. Aproximadamente el 87% de los productores encuestados afirmaron estar de acuerdo con: **“Al realizar acciones responsables con el medio ambiente puedo vender mejor los productos resultantes de mi sistema productivo”**, muy posiblemente se deba a los programas de certificación de fincas promovidos por las empresas lecheras de la región, con el fin de mejorar la calidad del producto al igual de recibir un mejor precio de compra por dicho producto. En los resultados también se presentó que el 84% de los encuestados percibieron que al adoptar tecnologías pecuarias ambientalmente amigables podían mejorar sus ganancias de producción, al igual que el 51% de los encuestados respondieron estar de acuerdo que el uso de tecnologías agrícolas ambientalmente amigables también favorecerían el aumento de sus ganancias de producción.

Figura 11. Percepciones de ganancia de la población encuestada en la microcuenca el Hato.



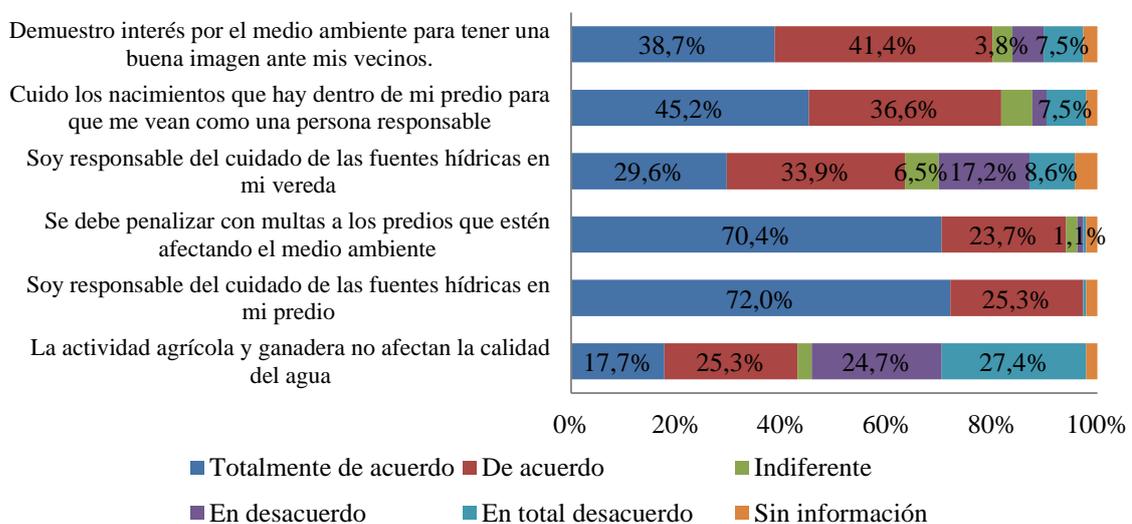
En la Figura 12 se puede apreciar los resultados encontrados para la percepción de imagen asentada por los encuestados, donde se observa que la mayoría de ellos ($\approx 80\%$ de los encuestados) advirtieron que la imagen que reflejan ante sus vecinos era importante, además el 82% de los encuestados afirmaron estar de acuerdo con: **Cuido los nacimientos de mi predio para reflejar una imagen responsable ante mis vecinos.** Lo anterior indica que más del 80% de los encuestados intentan reflejar una imagen de ser pro-ambientales ante sus vecinos y por tanto mostraron interés en el cuidado del medio. De la literatura se puede verificar que la preocupación por la imagen que el otro visualiza de mí es más importante que las acciones que realice (Funk, 2008; Dellavigna et al, 2009), asimismo, los individuos prefieren reflejar una imagen moralmente responsables de sí mismos Brekke *et al.* (2002). Resultados tal que se pueden verificar con la evidencia encontrada en la microcuenca el Hato y que se resumen en la Figura 12.

Aproximadamente el 97% de los encuestados mostraron interés en la protección de las fuentes hídricas que hay dentro de sus predios; por otra parte, solo el 63% de los encuestados dijeron estar interesados en cuidar las fuentes hídricas de la vereda. Lo anterior señala un interés por las ganancias privadas y preferencias más egoísta pensadas solo en el bienestar individual, tal vez los encuestados estén motivados solo por los beneficios que les traería el cuidado de las fuentes dentro de sus predios y no motivados por los beneficios sociales que trae el cuidado de los recursos naturales. De aquí que estos resultados se pueden relacionar con lo predicho en los modelos

económicos tradicionales, donde afirman que los individuos son seres racionales y egoístas y cuyo objetivo es maximizar sus beneficios (Andreoni, 1990; Gintis, 2000).

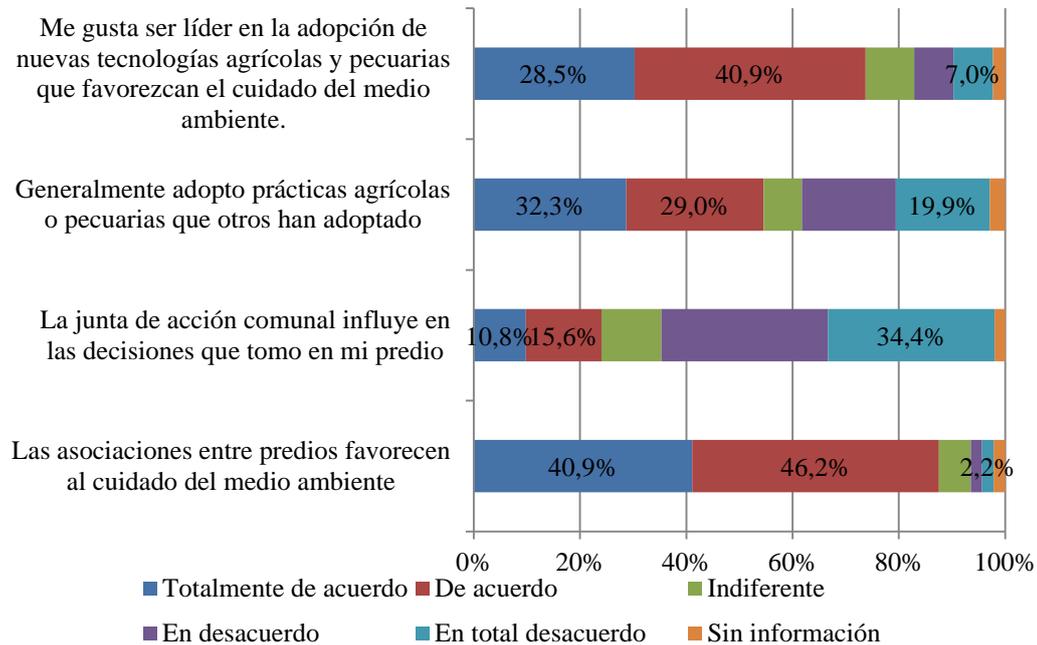
A los encuestados se les preguntó **si se debía o no penalizar a las personas que estuvieran haciendo uso inadecuado de los recursos naturales**, el 94% de los encuestados respondieron estar de acuerdo con la asignación de multas a quienes estuvieran provocando algún daño al medio ambiente (Figura 12). Esto indica que los agentes económicos del sector rural están de acuerdo con la asignación de reglas sociales que favorezcan la protección de los recursos naturales.

Figura 12. Percepciones de imagen de la población encuestada en la microcuenca el Hato.



En los resultados reportados por las encuestas realizadas a los agricultores y ganaderos de la microcuenca el Hato (Figura 13), el 69% de los encuestados afirmaron ser líderes en adopción de tecnologías y prácticas de producción que favorecieran el cuidado del medio ambiente. El 61% de los encuestados afirmaron también que adoptan tecnologías y prácticas de producción que otros han adoptado, dependiendo de los resultados obtenidos en sus predios. Los encuestados mostraron ser individuos interesados en liderar la adopción de tecnologías que favorecieran el cuidado del medio ambiente, además de tecnologías que ya han sido probadas por otros productores y han obtenido resultados favorables. Aproximadamente el 87% del total de encuestados estuvieron de acuerdo con la frase: **“las asociaciones entre predios favorecen el cuidado del medio ambiente”**, sin embargo un problema importante en la región es la falta de organización por parte de los productores y la carencia de Juntas de Acción Comunal que lideren los programas de protección ambiental.

Figura 13. Percepción de adopción de los encuestados en la microcuenca el Hato.



4.1.2 Análisis de dependencia estadística entre variables de adopción tecnológica

La teoría reporta que es posible identificar relaciones de dependencia entre variables cualitativas y para esto hacen uso del contraste estadístico basado en el estadístico $\hat{\chi}^2$ (Chi-cuadrado), cuyo cálculo nos permitirá afirmar con un determinado nivel de confianza estadísticamente significativo si los niveles de una variable cualitativa influyen en los niveles de la otra variable nominal analizada (Vecéns y Medina, 2005).

Pearson (1911) planteó la utilización del estadístico $\hat{\chi}^2$ para analizar la independencia entre variables (Ecuación 16), que consistió en comparar las frecuencias esperadas (frecuencia que teóricamente se debería encontrar en cada casilla si los dos criterios de clasificación fueran independientes), con las frecuencias observadas en la muestra (frecuencia obtenida) y con estas se pudiera concluir si existe una relación de dependencia o independencia entre los factores o atributos analizados.

$$\hat{\chi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^k (n_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Valor de la Chi-cuadrado:

Las tablas 2x2 simples (de un único estrato) permiten el análisis de 2 variables dicotómicas: típicamente, una variable independiente y una variable dependiente. De

igual forma también existen las tablas nxn (más de dos niveles al menos en uno de los criterios), que permiten el análisis de 2 o más variables y determinar la independencias o dependencia entre ellas (Morales, 2008).

En el Anexo 3 se puede encontrar la tabla de distribución de chi cuadrado usado para analizar los resultados de independencia para la encuesta aplicada a los predios de la microcuenca el Hato.

En la teoría se evidenciaron algunos estudios donde los autores referenciaron que el interés en la adopción tecnológica se veía influenciada por el grado de conocimiento que se tenía de la misma y de programas que fomenten la implementación de esta (Leathers y Smale, 1991). Con el fin de determinar si lo referenciado en la literatura se observa en la zona de estudio, se analizó la relación entre la producción limpia con respecto a la tenencia de compostaje, a la recolección de agua lluvia, a la tenencia de lombricultivo y de biodigestor, en los predios encuestados. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7, respectivamente.

Dado que el valor calculado para $\hat{\chi}^2$ que comparó la variable “producción limpia” con la variable “compostaje” (Tabla 4), para un nivel de confianza del 95% (5% nivel de significación) fue mayor que el valor de tablas (Anexo 3), se rechazó la hipótesis nula de independencia entre los factores, aceptando por tanto que la adopción de la tecnología de compostaje se veía influenciada por el conocimiento que el adoptante tuviera de las técnicas de producción limpia.

Tabla 4. Tabla de contingencia para las variables producción limpia y compostaje.

		<u>Sabe qué es producción limpia</u>		
		SI	NO	MARGINAL
Variable dependiente	SI	13	13	26
	NO	35	125	160
	MARGINAL	48	138	186

ho: Las personas independientemente de conocer en qué consiste la **producción limpia** deciden adoptar la técnica de **compostaje**.

En cuanto al valor calculado de la $\hat{\chi}^2$ para las variables “producción limpia” y “recolección de agua lluvia” (Tabla 5), teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia, fue menor que el valor de tablas (Anexo 3), lo que indica que no hubo suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Por consiguiente la adopción de la tecnología “**recolección de agua lluvia**” en los predios de la microcuenca el Hato es independiente del conocimiento que tengan los encuestados de las técnicas de producción limpia.

Tabla 5. Tabla de contingencia para las variables producción limpia y recolección de agua lluvia.

		Sabe qué es producción limpia			
		SI	NO	MARGINAL	
Variable dependiente	SI	12	25	37	
	Recolección agua lluvia	NO	36	113	149
	MARGINAL	48	138	186	

ho: No hay asociación entre variables, es decir, el conocer en qué consisten las técnicas de **producción limpia** no está asociado con la adopción de la técnica de **recolección de agua lluvia**.

Para determinar si la variable adopción de la tecnología “**lombricultivo**” era dependiente o independiente de la variable “**producción limpia**”, se calculó el valor de $\hat{\chi}^2$ (Tabla 6), teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia. Dicho valor resultó ser mayor que el valor de tablas (Anexo 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Por tanto, se rechazó la hipótesis nula de independencia entre los factores y se aceptó que la adopción de la tecnología “**lombricultivo**” en los predios encuestados en el municipio de San Pedro de los Milagros, estaba asociada al conocimiento que estos tuvieran de las técnicas de producción limpia.

Tabla 6. Tabla de contingencia para las variables producción limpia y lombricultivo.

		Sabe qué es producción limpia			
		SI	NO	MARGINAL	
Variable dependiente	SI	5	3	8	
	Lombricultivo	NO	43	135	178
	MARGINAL	48	138	186	

ho: “Las personas independientemente de conocer en qué consiste la producción limpia deciden adoptar la técnica de **lombricultivo**”

Con el objetivo de afirmar la hipótesis o descartarla, se realizó el cálculo del valor de $\hat{\chi}^2$, para determinar la relación entre las variables adopción de “**biodigestor**” y “**producción limpia**” (Tabla 7). Se tuvo en cuenta un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia. Dicho valor resultó ser el más bajo de todos los resultados de $\hat{\chi}^2$ calculados y dió a entender que las variables eran significativamente independientes y por tal motivo no hubo suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de independencia entre los factores.

Tabla 7. Tabla de contingencia para las variables producción limpia y biodigestor.

		<u>Sabe qué es producción limpia</u>		
		SI	NO	MARGINAL
Variable dependiente	SI	1	1	2
	Biodigestor NO	47	137	184
	MARGINAL	48	138	186

ho: Conocer las técnicas de **producción limpia** y el hecho de adoptar la técnica de **biodigestor** no están asociadas.

La literatura reporta que la probabilidad de adopción de una tecnología es directamente proporcional a la difusión de dicha tecnología, además la motivación por parte de los entes gubernamentales para realizar acciones que favorezcan el cuidado de los recursos naturales (Mansfield, 1961; Agudelo, 1968; Fehr y Gächter, 2000; Rubas, 2004; Houser, 2010). Con el ánimo de analizar la relación que existe entre la existencias de programas que promuevan la adopción de ciertas tecnologías agrícolas y pecuarias y la adopción de las mismas, se realizó el cálculo del valor de $\hat{\chi}^2$ para determinar la relación entre las variables adopción de “**ahorro de agua**” y conocimiento en la “**existencia de programas de ahorro de agua**”. Se tuvo en cuenta un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia. Se encontró $\hat{\chi}^2 = 4,06$, dicho valor resultó ser mayor que el de tablas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), por tanto se rechazó la hipótesis nula de independencia entre los factores, aceptando que la adopción de la técnica de “**ahorro de agua**” en los predios encuestados depende del conocimiento que estos tuvieran de los programas de ahorro de agua presentes en la región (Tabla 8). Resultado que corrobora las conclusiones encontradas en los trabajos señalados anteriormente.

Tabla 8. Tabla de contingencia para las ahorro de agua y existe programa de ahorro de agua.

		<u>Ahorro de agua</u>			
		SI	NO	MARGINAL	
Variable dependiente	Existe programa ahorro de agua	Si Hay programa y lo conozco	25	2	27
		Si hay pero no sé en qué consiste	7	1	8
		No sé si hay programas	81	23	104
		No hay programa	35	12	47
		MARGINAL	148	38	186

ho: Implementar técnicas de **ahorro de agua** y tener conocimiento de la existencia de **programas de ahorro de agua**, son variables que no están asociadas.

Por otro lado, para las tecnologías de producción pecuaria se realizó el mismo análisis anterior de independencia entre variables, de esta forma poder tener información significativa para determinar si existía correlación entre la adopción de diversas tecnologías en los sistemas productivos ganaderos. Para el análisis se dejó como variable dependiente el “ordeño mecánico” debido a la importancia de esta tecnología en cuanto al manejo de la calidad de la leche para los procesos de certificación que se vienen llevando a cabo en la región de estudio (Ruiz *et al.*, 2012). De lo anterior se tiene que Zeng y Escobar (1996) reportaron que el tipo de ordeño influye en los conteos de UFC (Unidades formadoras de colonias) en la leche, siendo el ordeño mecánico el que está menos relacionado con la contaminación de la leche y que aporta mayores beneficios económicos en los sistemas lecheros. Con el fin de determinar si lo referenciado en la literatura se observa en la zona de estudio, se analizó la relación entre la variables ordeño mecánico con respecto a la tenencia de tanque de enfriamiento, tanque estercolero, tanque de biodigestión en los predios encuestados. Además se analizó la independencia entre las variables recolección de agua lluvia con la variable ahorro de agua.

Para determinar si la variable adopción del “**tanque de enfriamiento**” se encontraba asociada con la variable “**ordeño mecánico**”, se calculó el valor de χ^2 (Tabla 9), teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia. Dicho valor resultó ser mayor que el valor de tablas (Anexo 3). Por tanto, se rechazó la hipótesis nula de independencia entre los factores, aceptando que la adopción de la tecnología “**tanque de enfriamiento**” en los predios encuestados estaba asociada a la tenencia de “**ordeño mecánico**”.

Tabla 9. Tabla de contingencia para las variables tanque de enfriamiento y ordeño mecánico.

		Ordeño mecánico			
		SI	NO	MARGINAL	
Variable dependiente	Tanque enfriamiento	SI	100	3	103
		NO	46	37	83
		MARGINAL	146	40	186

ho: Las variables no están asociadas, es decir, las personas adoptan el tanque de enfriamiento independientemente de tener ordeño mecánico.

Se realizó el análisis de los resultados obtenidos para el valor de χ^2 (Tabla 10), observándose que las variables “**ordeño mecánico**” y “**tanque estercolero**” están asociadas. Por lo tanto, en vista de los resultados, se rechazó la hipótesis nula (ho).

Tabla 10. Tabla de contingencia para las variables tanque estercolero y ordeño mecánico.

		Ordeño mecánico			
		SI	NO	MARGINAL	
Variable dependiente	Tanque estercolero	SI	81	22	103
		NO	18	65	83
	MARGINAL	99	87	186	

ho: Las variables no están asociadas, es decir, las personas adoptaban el tanque estercolero independientemente de que tuvieran ordeño mecánico.

Los dos resultados anteriores, es decir, la dependencia que existe entre estas tecnologías: Tanque de enfriamiento Vs. Ordeño mecánico y Tanque estercolero Vs. Ordeño mecánico, confirmaron los resultados reportados por Khanal *et al.*, (2010), donde afirman que en el sector lechero es importante realizar asociación de tecnologías para favorecer el aumento en las ganancias de producción.

Se analizó además la dependencia entre las variables Tanque estercolero y Biodigestor ya que se pensaría que estas dos variables deberían estar asociadas por al complemento que hace una de la otra. En los resultados se encontró que estas variables eran independientes (Tabla 11). Teniendo en cuenta que son tecnologías que se complementan y que necesariamente deberían estar juntas para poder obtener el máximo aprovechamiento de los subproductos resultantes de los lavados de establos y salas de ordeño, los resultados llevan a cuestionarse sobre la efectividad de la adopción de ciertas tecnologías cuando no se adoptan las tecnologías complementarias.

Tabla 11. Tabla de contingencia para las variables tanque estercolero y biodigestor.

		Tanque estercolero			
		SI	NO	MARGINAL	
Variable dependiente	Biodigestor	SI	1	1	2
		NO	98	86	184
	MARGINAL	99	87	186	

ho: Las variables están asociadas, es decir, las personas adoptan el Biodigestor dependiendo si tenían en sus predios el tanque estercolero.

En cuanto a las variables Ahorro de agua y recolección de agua lluvia con un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia, se analizó la independencia entre estas

dos (2) variables, se encontró que eran independiente (Tabla 12) y por lo tanto no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula.

Tabla 12. Tabla de contingencia para las variables ahorro de agua y recolección de agua lluvia.

		Ahorro de agua		
		SI	NO	MARGINAL
Recolección agua lluvia	SI	29	8	37
	NO	118	31	149
	MARGINAL	147	39	186

ho: Las variables ahorro de agua y recolección de agua lluvia están asociadas.

Para los resultados de la percepción de los encuestados, se verificó la independencia entre las variables de adopción de tecnologías agrícolas y pecuarias con aquellas apreciaciones que los encuestados manifestaron con respecto a su interés en el cuidado del medio ambiente, el aumento de sus ganancias de producción y la imagen reflejada ante sus vecinos, de esta forma poder tener información significativa para determinar si la actual percepción de los encuestados influía en el proceso de adopción de tecnologías favorables con el medio ambiente. Se analizaron algunas variables como: Líder en adopción tecnológica, cuidado de las fuentes hídricas dentro del predio, cuidado de las fuentes hídricas dentro de la vereda, uso de tecnologías para aumentar ganancias de producción y realizar acciones favorables con el medio ambiente para aumentar ganancias de producción. Lo anterior se justifica con las conclusiones de algunos resultados reportados en la literatura, donde hacen referencia al comportamiento de los individuos basados en las motivaciones morales y preferencias pro-sociales (Nyborg y Rege, 2003) y no de la forma predicha por la economía tradicional del *homo economicus*. Los resultados obtenidos para el análisis se presentan a continuación en la Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17.

Con el fin de determinar la relación entre variables, se realizó el cálculo del valor de $\hat{\chi}^2$ y se tuvo en cuenta un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia. En la Tabla 13 se presentan los resultados de independencia entre variables para las tecnologías de producción agrícola y pecuaria relacionadas con la variable de percepción “**Líder en adopción tecnológica**”. Los resultados obtenidos para las variables tecnologías de producción, como: Compostaje, Lombricultivo, Ordeño Mecánico, Tanque Estercolero y Tanque de Enfriamiento, resultaron ser variables dependientes de “**Líder en adopción tecnológica**”. En resumen se tiene que la motivación a ser líderes en adopción favorece directamente la adopción de tecnologías y prácticas de producción con menor impacto ambiental.

Tabla 13. Resumen de los valores calculados de Chi cuadrado para las tecnologías de producción con respecto a la variable “Líder en adopción tecnológica”.

	Variables	x²
Tecnologías prod. agrícola	Líder en adopción tecnológica y Biodigestor	0,44
	Líder en adopción tecnológica y Compostaje	5,77
	Líder en adopción tecnológica y Lombricultivo	3,79
Tecnologías prod. pecuaria	Líder en adopción tecnológica y Ordeño mecánico	6,75
	Líder en adopción tecnológica y Tanque estercolero	5,08
	Líder en adopción tecnológica y Tanque enfriamiento	11,13

Para las variables de percepción “**Responsabilidad fuentes hídricas en mi predio**” y “**Responsabilidad fuentes hídricas en mi vereda**”, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 14 y Tabla 15 respectivamente. Se evidenció dependencia solo para las variables de tecnologías de producción pecuaria: Ordeño mecánico, tanque estercolero y tanque de enfriamiento, con la variable de percepción “Responsabilidad fuentes hídricas en mi predio”. Para el resto de variables analizadas se pudo constatar que eran independientes, es decir, el hecho de que los encuestados aceptaran ser responsables con las fuentes hídricas dentro de sus predios y dentro de sus veredas, no necesariamente influía en la adopción de tecnologías amigables con el medio ambiente.

Tabla 14. Resumen de los valores calculados de Chi cuadrado para las tecnologías de producción con respecto a la variable “Responsabilidad cuidado de las fuentes hídricas dentro de mi predio”.

	Variables	x²
Tecnologías prod. agrícola	Responsabilidad fuentes hídricas predio y Recolección agua lluvia	2,13
	Responsabilidad fuentes hídricas predio y Compostaje	1,01
	Responsabilidad fuentes hídricas predio y Lombricultivo	0,26
	Responsabilidad fuentes hídricas predio y Biodigestor	0,07
Tecnologías prod. pecuaria	Responsabilidad fuentes hídricas predio y Ordeño mecánico	7,65
	Responsabilidad fuentes hídricas predio y Tanque estercolero	21,72
	Responsabilidad fuentes hídricas predio y Tanque enfriamiento	5,77

Tabla 15. Resumen de los valores calculados de Chi cuadrado para las tecnologías de producción con respecto a la variable “Responsabilidad cuidado de las fuentes hídricas en mi vereda”.

	Variables	x²
Tecnologías prod. agrícola	Responsabilidad fuentes hídricas vereda y Recolección agua lluvia	0,44
	Responsabilidad fuentes hídricas vereda y Compostaje	2,03
	Responsabilidad fuentes hídricas vereda y Lombricultivo	1,34

	Responsabilidad fuentes hídricas vereda y Biodigestor	1,17	
Tecnologías prod. pecuaria	Responsabilidad fuentes hídricas vereda y Ordeño mecánico	0,98	
	Responsabilidad fuentes hídricas vereda y Tanque estercolero	3,47	De
	Responsabilidad fuentes hídricas vereda y Tanque enfriamiento	3,01	igu al

modo se realizado el análisis de independencia para las variables de percepción “**Uso de tecnologías para aumentar ganancias de producción**” y “**Realizo acciones favorables con el medio ambiente para aumentar mis ganancias de producción**”, con respecto a las variables tecnologías de producción: las variables de tecnologías de producción pecuaria: Recolección de agua lluvia, compostaje, lombricultivo, biodigestor, ordeño mecánico, tanque estercolero y tanque de enfriamiento. Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 16 y Tabla 17. Para las variables de percepción analizadas y presentadas en estas tablas, se evidenció dependencia para las variables de tecnologías de producción pecuaria: Ordeño mecánico, tanque estercolero y tanque de enfriamiento, y para la tecnología Biodigestor con la variable de percepción “Uso tecnologías para aumentar las ganancias de producción”. Para el resto de variables analizadas se pudo constatar que eran independientes, es decir, el hecho de que los encuestados aseguren usar tecnologías para aumentar sus ganancias de producción, no necesariamente influye en la adopción de tecnologías agrícolas amigables con el medio ambiente. En cuanto a la variable “Realizo acciones favorables con el medio ambiente para aumentar mis ganancias de producción” se evidencia igualmente que la adopción de tecnologías pecuarias depende directamente de este tipo de motivación reflejada por los encuestados, lo cual se puede atribuir al trabajo realizado por las empresas lecheras en la región, quienes asignan un mejor porcentaje en el pago de la leche a los productores que presentan mejor calidad de este producto.

Tabla 16. Resumen de los valores calculados de Chi cuadrado para las tecnologías de producción con respecto a la variable “Uso de tecnologías para aumentar ganancias de producción”.

	Variables	x²
Tecnologías prod. agrícola	Uso tecnologías para aumentar ganancias y Recolección agua lluvia	1,9
	Uso tecnologías para aumentar ganancias y Compostaje	1,4
	Uso tecnologías para aumentar ganancias y Lombricultivo	1,1
	Uso tecnologías para aumentar ganancias y Biodigestor	32,04
Tecnologías prod. pecuaria	Uso tecnologías para aumentar ganancias y Ordeño mecánico	10,42
	Uso tecnologías para aumentar ganancias y Tanque estercolero	45,17
	Uso tecnologías para aumentar ganancias y Tanque enfriamiento	17,6

Tabla 17. Resumen de los valores calculados de Chi cuadrado para las tecnologías de producción con respecto a la variable “Realizo acciones favorables con el medio ambiente para aumentar mis ganancias de producción”.

	VARIABLES	x²
Tecnologías prod. agrícola	Acciones favorables para aumentar ganancias y Recolección agua lluvia	0,39
	Acciones favorables para aumentar ganancias y Compostaje	1,61
	Acciones favorables para aumentar ganancias y Lombricultivo	1,24
	Acciones favorables para aumentar ganancias y Biodigestor	0,33
Tecnologías prod. pecuaria	Acciones favorables para aumentar ganancias y Ordeño mecánico	5,55
	Acciones favorables para aumentar ganancias y Tanque estercolero	40,9
	Acciones favorables para aumentar ganancias y Tanque enfriamiento	8,82

Para comprender los procesos que conducen a los productores a adoptar nuevas tecnologías de producción agrícola y/o pecuaria fue importante determinar el grado de adopción y la relación entre variables que favorecen el proceso de adopción. Por esta razón se calculó la independencia entre variables y se obtuvieron los resultados resumidos en la Tabla 18. En los resultados obtenidos para el cálculo de independencia entre variables teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95% y 5% nivel de significancia para todos los cálculos, se observa que existe relación entre la variable “conocer técnicas de producción limpia” con la adopción de tecnologías de producción como: compostaje y lombricultivo. Además, la adopción de tanques de enfriamiento y tanques estercoleros están directamente relacionadas con la presencia de ordeño mecánico en predios productores de leche (Ver Tabla 18). Lo anterior conlleva a pensar que en el sector rural la adopción de tecnologías es dependiente de una serie de variables que favorecen dicho proceso, es decir, si una persona por ejemplo conoce los conceptos de producción más limpia es más fácil que adopte una tecnología de producción amigable con el medio ambiente. Sin embargo, se puede inferir de los resultados que no necesariamente cuando los productores dicen ser responsables con las fuentes hídricas se favorece dicho proceso de adopción tecnológica.

Tabla 18. Resumen de dependencia entre variables

Variable 1	Variable 2	Independiente
Producción más limpia	Compostaje	No
Producción más limpia	Recolección de lluvia	Si
Producción más limpia	Lombricultivo	No
Producción más limpia	Biodigestor	Si
Tanque estercolero	Biodigestor	Si
Ordeño mecánico	Tanque enfriamiento	No
Ordeño mecánico	Tanque estercolero	No
Ahorro de agua	Recolección lluvia	Si

Ahorro de agua	Existe programa de ahorro	No
Responsabilidad fuentes hídricas predio	Recolección de lluvia	Si
Responsabilidad fuentes hídricas predio	Compostaje	Si
Responsabilidad fuentes hídricas predio	Lombricultivo	Si
Responsabilidad fuentes hídricas predio	Biodigestor	Si
Responsabilidad fuentes hídricas predio	Ordeño mecánico	No
Responsabilidad fuentes hídricas predio	Tanque enfriamiento	No
Responsabilidad fuentes hídricas predio	Tanque estercolero	No
Responsabilidad fuentes hídricas vereda	Recolección de lluvia	Si
Responsabilidad fuentes hídricas vereda	Compostaje	Si
Responsabilidad fuentes hídricas vereda	Lombricultivo	Si
Responsabilidad fuentes hídricas vereda	Biodigestor	Si
Responsabilidad fuentes hídricas vereda	Ordeño mecánico	Si
Responsabilidad fuentes hídricas vereda	Tanque enfriamiento	Si
Responsabilidad fuentes hídricas vereda	Tanque estercolero	Si
Uso tecnologías para aumentar ganancias	Recolección de lluvia	Si
Uso tecnologías para aumentar ganancias	Compostaje	Si
Uso tecnologías para aumentar ganancias	Lombricultivo	Si
Uso tecnologías para aumentar ganancias	Biodigestor	No
Uso tecnologías para aumentar ganancias	Ordeño mecánico	No
Uso tecnologías para aumentar ganancias	Tanque enfriamiento	No
Uso tecnologías para aumentar ganancias	Tanque estercolero	No
Acciones favorables para aumentar ganancias	Recolección de lluvia	Si
Acciones favorables para aumentar ganancias	Compostaje	Si
Acciones favorables para aumentar ganancias	Lombricultivo	Si
Acciones favorables para aumentar ganancias	Biodigestor	Si
Acciones favorables para aumentar ganancias	Ordeño mecánico	No
Acciones favorables para aumentar ganancias	Tanque enfriamiento	No
Acciones favorables para aumentar ganancias	Tanque estercolero	No

Conociendo estos resultados y con el fin de promover la adopción de tecnologías con menor impacto ambiental se estudia el efecto que regulaciones de tipo económico (subsidios e impuestos) puedan tener sobre la adopción de tecnologías y prácticas de producción en el sector rural.

4.2 ANÁLISIS DE JUEGOS EXPERIMENTALES

La evidencia empírica resultante de la aplicación del experimento en cuestión, permite observar las decisiones de los participantes y hacer varios análisis a saber: (i) cuál es la proporción de adopción de fincas ecológicas en el tratamiento base, (ii) cómo la introducción de incentivos de tipo económico afectan la proporción de sujetos que adoptan la Finca 2, (iii) si hay diferencias en dicho efecto entre instrumentos económicos basados en los incentivos (susidio) o basados en los castigos (multas o impuestos), (iv) ¿qué pasa con la proporción de adopción una vez estos incentivos económicos han sido removidos del arreglo institucional?

4.1.1 Análisis socioeconómico

A continuación en la Tabla 19 se presentan los resultados de las variables socioeconómicas a través de la estadística descriptiva. Se presentan los resultados obtenidos para las variables: género, edad y aversión al riesgo.

Tabla 19. Resumen de variables socioeconómicas

	Variables		
	Genero (1 para género masculino, 0 para género femenino)	Edad	Aversión al riesgo
TRATAMIENTO 1			
Media	0.54	20.9	74.2
Desv. Estándar.	0.50	2.3	12.7
Min.	0	18	50
Max.	1	27	100
TRATAMIENTO 2			
Media	0.64	21.64	65.6
Desv. Estándar.	0.48	2.6	17.04
Min.	0	18	0
Max.	1	27	90
TRATAMIENTO 3			
Media	0.54	22.18	65.8
Desv. Estándar.	0.51	4.2	15.6
Min.	0	18	30
Max.	1	38	100

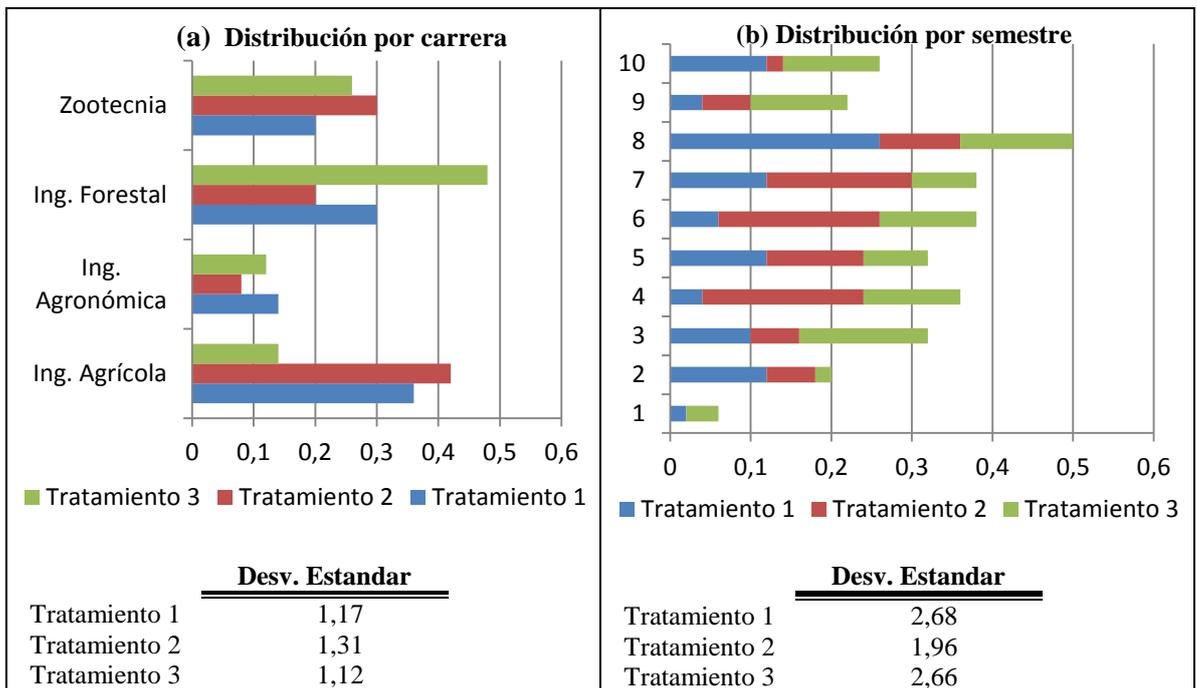
Como se observa en la tabla anterior la proporción de hombres en el tratamiento 2 es ligeramente mayor (64%) que la proporción de hombres en el tratamiento 1 y 3 (54%), sin embargo estas diferencias no son significativas desde el punto de vista estadístico ($p= 0.309$ para tratamientos 1 y 2; $p=1.0$ para tratamientos 1 y 3; $p=0.309$ para tratamientos 2 y 3 usando un test chi cuadrado).

En relación con la aversión al riesgo, usando un test Mann-Whitney se observa que los participantes en el tratamiento 1 son significativamente más aversos al riesgo que participantes en el tratamiento 2 ($p=0.02$) y que participantes en el tratamiento 3 ($p=0.02$); participantes en el tratamiento 2 no tienen una aversión al riesgo significativamente diferente a participantes en el tratamiento 3 ($p=0.711$).

Los participantes en el experimento fueron estudiantes de la Universidad Nacional, que pertenecen a la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Para el experimento participaron

estudiantes de las carreras: Ingeniería Agrícola, Ingeniería Agronómica, Ingeniería Forestal y Zootecnia. La Figura 14 presenta la distribución por carrera y por semestre de los participantes de los tres (3) tratamientos (control, subsidio e impuesto). El porcentaje de participación por carreras fue uniforme durante las diferentes sesiones realizadas (Figura 14a), claramente se ve como en los resultados obtenidos la desviación estándar es baja. Como se observa en el panel (b) de la Figura 14, el mayor porcentaje de participación en los experimentos fue de estudiantes del octavo semestre (17%) y en menor proporción de estudiantes del primer semestre (2%).

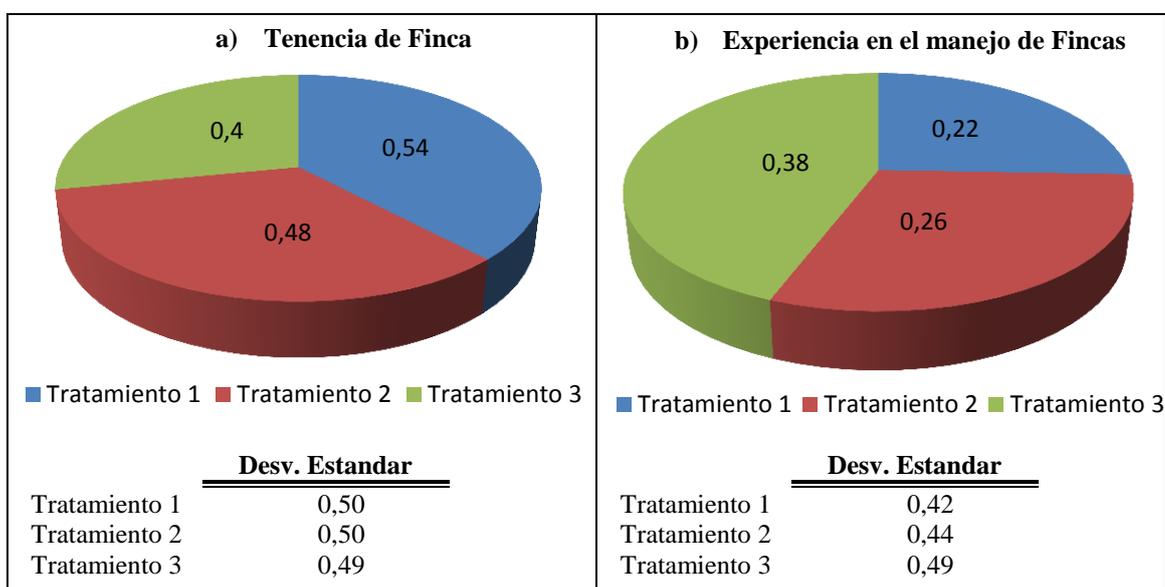
Figura 14. Distribución de los participantes por: a) Carrera y b) Semestre que está cursando.



En la encuesta realizada a los participantes se les preguntó **si tenían finca y si tenían experiencia en el manejo de la misma**. Se encontró que aproximadamente el 47% del total de participantes tienen o han tenido fincas y aproximadamente el 29% de los participantes han tenido experiencia en el manejo de fincas. En la

Figura 15 se presentan los resultados obtenidos para las dos preguntas clasificadas por tratamiento, se observa que no hay diferencia significativa entre los resultados, excepto por un porcentaje significativamente menor (al 10%) de participantes del tratamiento control con respecto a los participantes en el tratamiento con impuesto que tienen experiencia en el manejo de fincas ($p=0.81$ usando un test de chi cuadrado).

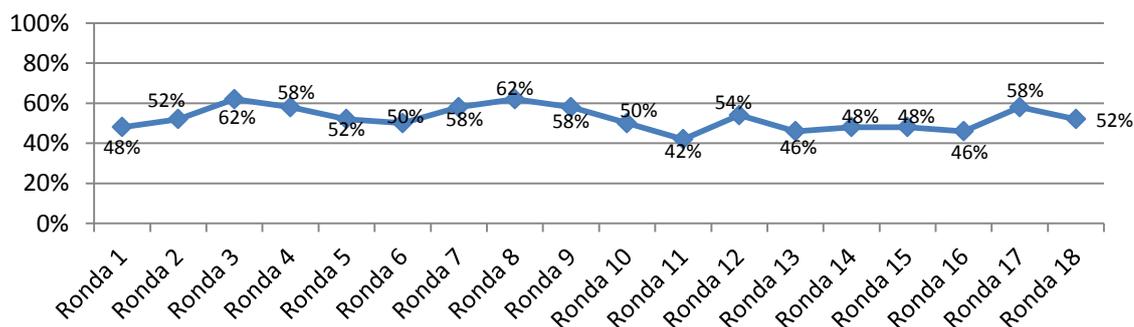
Figura 15. Distribución de los participantes con conocimientos en el manejo de fincas y los que aseguraron tener una finca.



4.2.2 Decisiones de adopción

La Figura 16 ilustra la fracción de participantes que eligieron la Finca 2, para el tratamiento control durante los 18 periodos. El porcentaje de participantes que adoptan la Finca 2 oscila entre el 42% y el 62% a lo largo de los 18 períodos, con un promedio de 52,4% y una desviación estándar de 0,14. Se observa de la figura 16 que el porcentaje de adopción de la Finca 2 durante los 18 periodos fue relativamente constante y no se observa cambios significativos en las decisiones de los participantes.

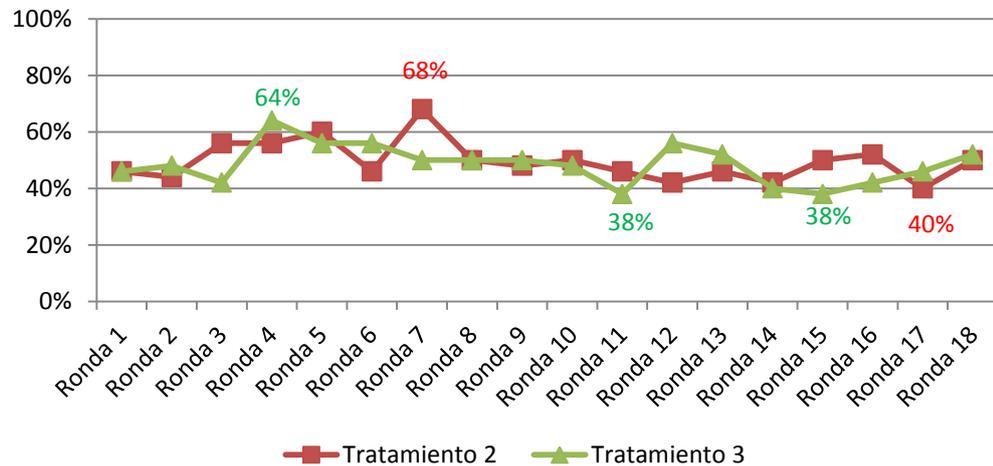
Figura 16. Porcentaje de adopción Finca 2 en el tratamiento control.



En la Figura 17 se ilustran las decisiones de los participantes que eligieron la Finca 2, para los tratamientos con instrumentos económicos durante los 18 periodos. En el tratamiento 2 el porcentaje de adopción oscila entre el 40% y 68% mientras que para el tratamiento 3 este porcentaje está entre el 38% y el 64%. Aunque los tratamientos con

instrumentos económicos amplían un poco más el rango en el que se mueve la adopción, estas diferencias no son significativas desde el punto de vista estadístico.

Figura 17. Porcentaje de adopción Finca 2 en el tratamiento con subsidio y en el tratamiento con impuesto.



Para el tratamiento de control se observa, contrario a la predicción teórica de cero participantes adoptando la Finca 2, un promedio de 52% de participantes adoptando la Finca 2 a lo largo del experimento. Dado que los incentivos económicos aplicados por los parámetros del experimento en el tratamiento de control estaban diseñados para que un agente maximizador de ganancias nunca eligiera la Finca 2, la decisión de adoptar esta finca puede estar asociada con otro tipo de motivaciones provenientes de los efectos de la adopción de la finca con menos impacto ambiental, por ejemplo, un mayor beneficio en términos de provisión de bien público (calidad ambiental), así como un mayor beneficio para otros agentes que no estaban participando del experimento (gente de aguas abajo de la vereda).

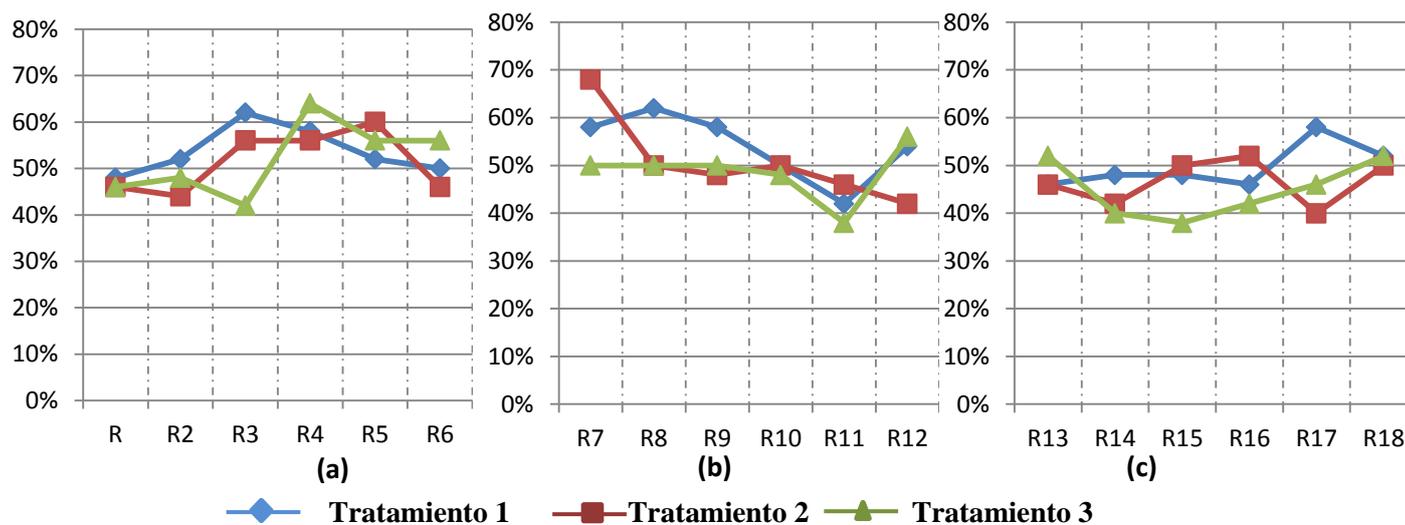
La Figura 18 presenta la tasa de adopción de la Finca 2 para cada uno de los tratamientos de análisis. En los primeros 6 periodos el arreglo institucional no es diferente entre tratamientos, es decir, se tienen las mismas instrucciones. Como se observa en el panel (a) de la Figura 18, el porcentaje promedio de adopción de la Finca 2 en cada uno de estos periodos no difiere entre tratamientos.⁸

Entre los periodos 7 y 12 se implementan instrumentos económicos que en principio disminuyen la brecha entre las ganancias individuales de la Finca 2 y las ganancias individuales de la Finca 1. Cabe resaltar que aún con la presencia de estos instrumentos la estrategia de Nash sigue siendo la no adopción de la Finca 2, es decir, aunque con el

⁸ Usando el test no paramétrico chi cuadrado sólo se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de adopción entre Tratamientos 1 y 3 para el período 3 (p-value: 0.045)

subsidio se aumentan las ganancias de la Finca 2, el monto del subsidio no es suficiente para compensar la pérdida en ganancias individuales por la adopción de la Finca 2. Dada esta configuración de parámetros, la predicción desde el modelo económico tradicional es que la proporción de participantes adoptando la Finca 2 aun en presencia de instrumentos económicos, no es diferente de cero.

Figura 18. Porcentaje de adopción Finca 2 en cada periodo de los tres tratamientos: a) Tratamiento control, b) Tratamiento con subsidio y c) Tratamiento con impuesto.



La literatura reporta que los subsidios y los impuestos estimulan conductas pro-sociales y pro-ambientales que benefician al entorno y disipan aquellas que afectan y vulneren el equilibrio ecológico (Cárdenas, 2002; Garperín, 2000; Sen, 1999). Sin embargo, en muchos casos los pagos generados por los instrumentos económicos no alcanzan a compensar el costo de oportunidad y no necesariamente reflejan el daño causado al medio ambiente. Dichos instrumentos intentan reducir la brecha entre las ganancias privadas de producción para los dos procesos productivos evaluados en esta investigación (Finca 1 y Finca 2). Sin embargo estos instrumentos económicos muchas veces no alcanzas a compensar los beneficios marginales asociados con la adopción de tecnologías que favorecen el cuidado del medio ambiente.

Comparando las tasas de adopción para cada una de los periodos (entre el periodo 7 y 12) entre tratamientos, no se observa una diferencia estadísticamente significativa en las mismas, a excepción de la tasa de adopción en el periodo 7 entre el tratamiento con impuestos y el tratamiento con subsidios (p -value: 0.07) siendo mayor la tasa para el caso de los subsidios. La proporción de participantes que adoptan la Finca 2 continúa siendo mayor que la predicción del modelo económico tradicional, sin embargo el hecho de que dicho porcentaje de adopción no se vea afectado por la presencia del instrumento económico puede deberse a varios factores: (i) La magnitud del subsidio y del impuesto no es suficiente para inducir un cambio de comportamiento en los agentes

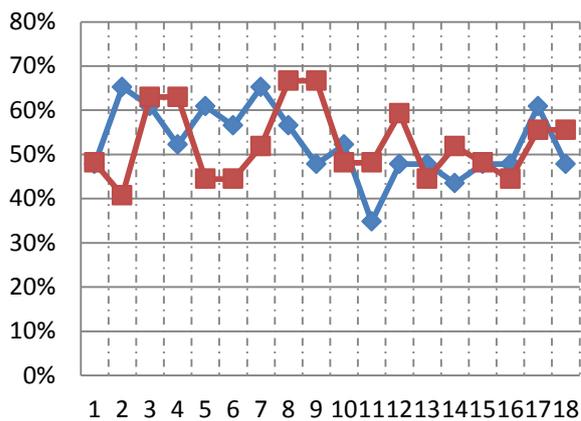
económicos; esto nos lleva a pensar sobre la conveniencia de diseñar e implementar instrumentos regulatorios basados en instrumentos económicos en un contexto en el que no es posible compensar los costos de oportunidad o los daños provocados por ciertos sistemas de producción. (ii) La fuerza de otras motivaciones diferentes a las motivaciones monetarias es suficiente como para no verse afectada por la presencia o ausencia de instrumentos económicos. Para la exploración de las dos hipótesis mencionadas se hace necesario sin embargo observar el comportamiento de los agentes para diferentes niveles del instrumento económico. Esto nos permitiría concluir acerca del tema en cuestión.

Finalmente, en los últimos 6 periodos en las cuales el instrumento económico fue removido tampoco se observa una diferencia significativa en el porcentaje de participantes adoptando la Finca 2 entre los 3 tratamientos.

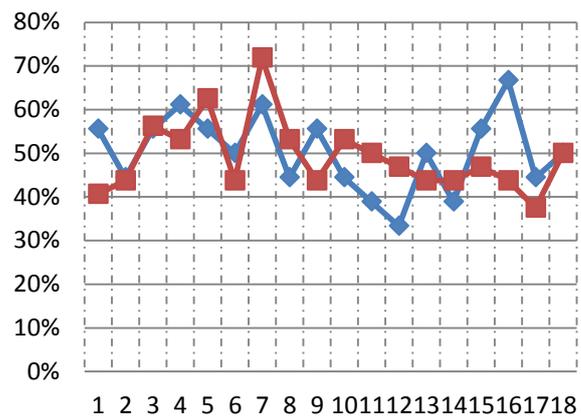
4.2.2.1 Interacción con variables socio-económicas

Para evaluar la presencia de efectos de interacción entre las variables socioeconómicas como género del participante y los tratamientos, en la Figura 19 se presenta el porcentaje de adopción promedio para cada tratamiento de acuerdo con el género del participante. En la Figura 19a y Figura 19b que corresponden a los tratamientos control y con subsidio respectivamente, no se nota mayor diferencia entre los dos géneros. De hecho, al hacer los test no paramétricos para testear la hipótesis nula de igual porcentaje de adopción entre hombres y mujeres para cada periodo, no se obtiene evidencia para rechazar la hipótesis nula en los primeros seis periodos en los tres tratamientos. Sin embargo, cuando se hacen los tests a partir del periodo 7 se obtiene que para el tratamiento 3 la tasa de adopción entre hombres y mujeres es diferente desde el punto de vista estadístico siendo mayor la fracción de mujeres que adoptan bajo este tipo de instrumento económico. La diferencia continúa siendo significativamente relevante para los periodos posteriores.

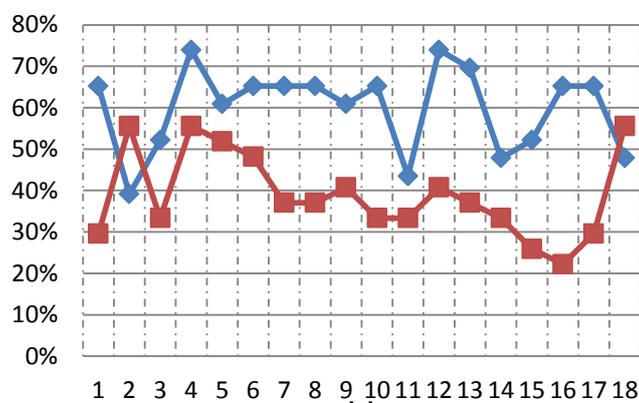
Figura 19. Porcentaje de adopción Finca 2 en los tres tratamientos por sexo: a) Tratamiento 1, b) Tratamiento 2 y c) Tratamiento 3.



(a)



(b)



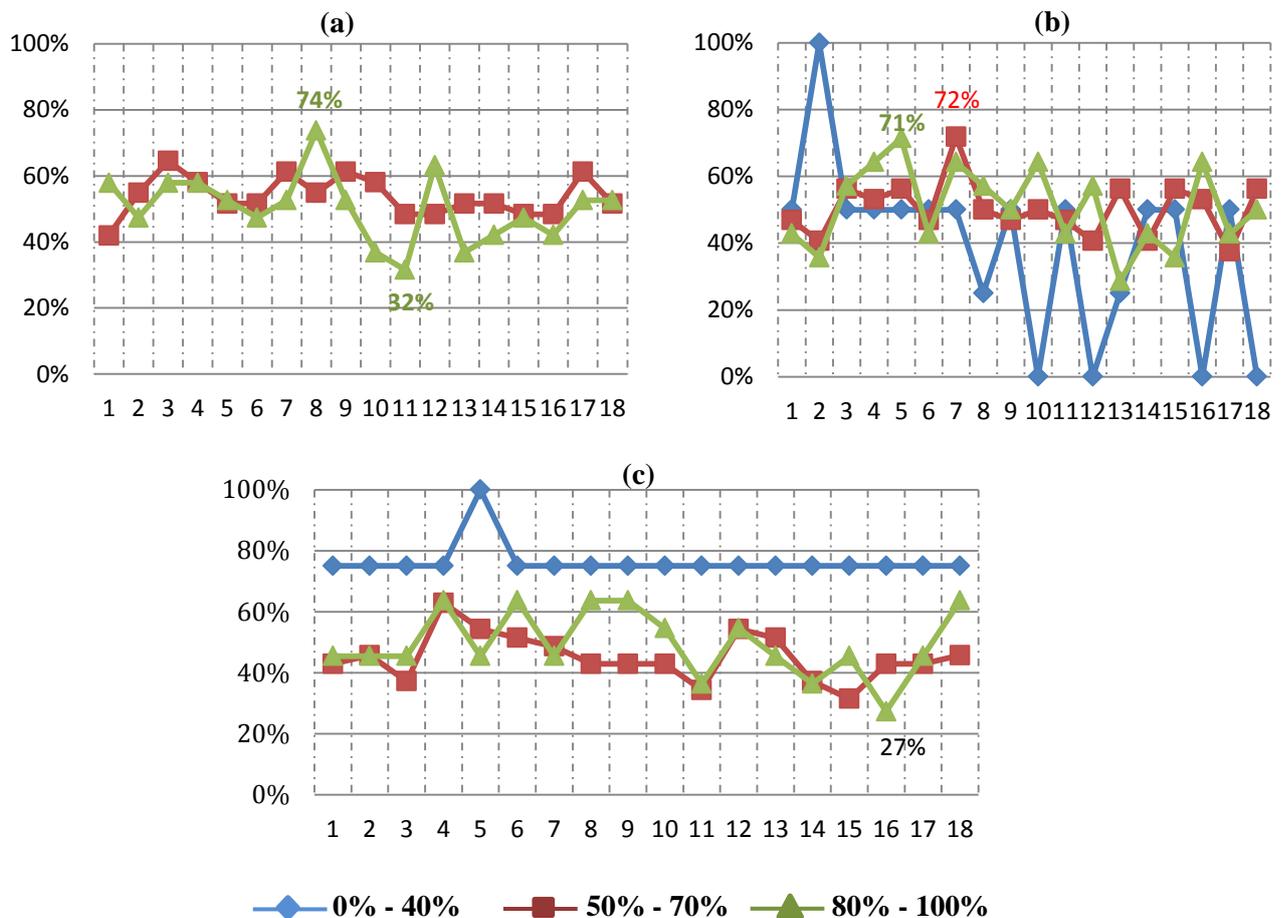
(c)

—◆— Mujeres —■— Hombres

Se determinó el efecto de interacción entre la variable aversión al riesgo con la adopción de la Finca 2 para los tres tratamientos. En la Figura 20 se presentan los resultados obtenidos para esta interacción, donde se observa que el factor aversión al riesgo no provoca un cambio significativo en las decisiones de los participantes. De hecho, se observa en las gráficas que los participantes que presentaron tener una aversión al riesgo media (rango de 50% - 70%) mostraron un porcentaje de adopción casi constante en los tres tratamientos durante los 18 periodos, aunque en el periodo 7 del tratamiento 2 (Ver Figura 20b) fue donde se observó el mayor porcentaje de adopción de la Finca 2 (72%) para estos participante. Dicho resultado se puede asociar al hecho que en este periodo se aplicó el subsidio a los participantes que eligieran la Finca 2. En cuanto a los participantes que tuvieron una aversión al riesgo alta (80% - 100%) presentaron porcentajes de adopción más variado, sin embargo no lo suficiente para obtener resultados estadísticamente significativos. El máximo porcentaje de adopción (74%) se dió en el periodo 8 del tratamiento 1 y el mínimo porcentaje de adopción (27%) se presentó en el periodo 16 del tratamiento 3 (Ver Figura 20a y Figura 20c). Los participantes que fueron más arriesgados (0%-40%) en el tratamiento 2 presentaron mayor variación en las decisiones que tomaron durante los 18 periodos del juego, sin

embargo los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos; en el tratamiento 3 el 6% de los jugadores tuvieron una aversión al riesgo baja y sus decisiones fueron casi constantes durante las 18 rondas del juego y por último en el tratamiento 1 no se presentaron participantes que tuvieran aversión al riesgo baja. De hecho, al hacer los test no paramétricos para testear el efecto provocado por la variable aversión al riesgo con respecto a la adopción de la Finca 2 no arrojó un resultado estadísticamente significativo para los diferentes rangos de aversión al riesgo.

Figura 20. Porcentaje de adopción Finca 2 en los tres tratamientos por grado de arriesgo: a) Tratamiento 1, b) Tratamiento 2 y c) Tratamiento 3.



Con los resultados presentados, el análisis inicial indica que el efecto de los instrumentos económicos usados en el estudio, fueron mínimos sobre el nivel de adopción de fincas que favorezcan el cuidado del medio ambiente; sin embargo se debe considerar el efecto que otro tipo de motivaciones provocan sobre los participantes a la hora de hacer una elección que favorezca el cuidado ambiental. Como se observa en los resultados del experimento, aproximadamente el 94% de los participantes en algún momento del experimento eligieron la Finca 2. Se presenta que solo el 6% de los participantes eligieron durante todo el experimento la Finca 1, es decir, en ningún momento del juego decidieron adoptar la Finca 2.

Además, se tiene que en los resultados obtenidos de la encuesta aplicada al final del experimento, que más del 90% de los jugadores pertenecientes a los tres tratamientos reportan una marcada preferencia por el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad de cada uno con respecto a dicho cuidado. A su vez se observó en el análisis de resultados que el porcentaje de participantes que dijeron estar en desacuerdo con la frase **“El cuidado del medio ambiente es mi responsabilidad”** fue aproximadamente igual al 2,6% en los tres tratamientos, el 5,4% de los participantes respondieron ser indiferentes con la frase y aproximadamente el 92% estuvieron de acuerdo con esta.

En la Tabla 20 se observan los resultados del cálculo de las frecuencias relativas para la adopción de la Finca 2 para cada tratamiento de acuerdo con las respuestas de la frase anterior, para facilitar la presentación de los resultados se les asignó un código a las respuestas: de acuerdo, indiferente y en desacuerdo equivalentes a 1, 2 y 3 respectivamente. Se observa los resultados obtenidos para los participantes que dijeron estar en desacuerdo e indiferentes con la frase **“el cuidado del medio ambiente es mi responsabilidad”**, estos resultados no muestran una tendencia definida y se debe a la poca cantidad de participantes en estos dos grupos (Aprox. 1 y 3 participante en promedio que estuvieron en desacuerdo e indiferentes respectivamente, para los tres tratamientos), además se observa que el promedio de adopción de la Finca 2 tanto para los participantes que dijeron ser indiferentes con la frase como para aquellos que estuvieron en desacuerdo aumentó considerablemente entre los periodos 7 y 12 (periodo con subsidio), lo que señala el interés que estos participantes reflejaron en el aumento de sus ganancias de producción aunque estos resultados no tuvieron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico. Por consiguiente, se observó que la adopción de tecnologías estaba fuertemente influenciada por el interés que los participantes reflejaron en cuanto al cuidado del medio ambiente. Con los anteriores resultados se infiere que la adopción de tecnologías y prácticas de producción con menos impacto ambiental está relacionada con el interés innato (motivación intrínseca) que presentan los participantes para cuidar el medio ambiente y es razonable pensar que dicho interés facilitó la adopción de la Finca 2 durante el experimento.

Tabla 20. Porcentaje de adopción Finca 2 en los tres tratamientos por interés en la protección del medio ambiente: a) Tratamiento 1, b) Tratamiento 2 y c) Tratamiento 3.

	TRATAMIENTO 1			TRATAMIENTO 2			TRATAMIENTO 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ronda 1	50%	33%	0%	48%	50%	0%	46%	67%	0%
Ronda 2	54%	33%	0%	48%	0%	0%	46%	67%	100%
Ronda 3	63%	33%	100%	54%	100%	50%	43%	33%	0%
Ronda 4	57%	67%	100%	59%	50%	0%	67%	33%	0%

Ronda 5	52%	67%	0%	61%	50%	50%	59%	33%	0%
Ronda 6	50%	33%	100%	48%	50%	0%	57%	67%	0%
MEDIA	54%	44%	50%	53%	50%	17%	53%	50%	17%
DES.STA.	4,5%	15,7%	50,0%	5,4%	28,9%	23,6%	8,7%	16,7%	37,3%
Ronda 7	57%	67%	100%	70%	100%	0%	50%	67%	0%
Ronda 8	61%	67%	100%	52%	50%	0%	52%	33%	0%
Ronda 9	59%	67%	0%	48%	50%	50%	50%	33%	100%
Ronda 10	48%	67%	100%	52%	50%	0%	50%	33%	0%
Ronda 11	41%	33%	100%	50%	0%	0%	39%	33%	0%
Ronda 12	54%	67%	0%	41%	100%	0%	57%	33%	100%
MEDIA	53%	61%	67%	52%	58%	8%	50%	39%	33%
DES.STA.	6,7%	12,4%	47,1%	8,6%	34,4%	18,6%	5,2%	12,4%	47,1%
Ronda 13	48%	33%	0%	48%	0%	50%	52%	67%	0%
Ronda 14	48%	33%	100%	46%	0%	0%	39%	67%	0%
Ronda 15	48%	67%	0%	52%	50%	0%	39%	33%	0%
Ronda 16	48%	33%	0%	54%	50%	0%	43%	33%	0%
Ronda 17	59%	33%	100%	39%	50%	50%	46%	67%	0%
Ronda 18	52%	33%	100%	52%	50%	0%	50%	67%	100%
MEDIA	50%	39%	50%	49%	33%	17%	45%	56%	17%
DES.STA.	4,1%	12,4%	50,0%	5,1%	23,6%	23,6%	5,0%	15,7%	37,3%

Las decisiones tomadas por los jugadores del experimento estuvieron principalmente motivadas por el interés que manifestaron los participantes en el cuidado de los recursos naturales y con las motivaciones altruistas por los beneficios que este cuidado generó sobre terceros.

Capítulo V. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Este trabajo ha buscado aplicar dos técnicas diferentes para identificar las motivaciones que influyen en la adopción de tecnologías con menos impacto sobre el medio ambiente en el sector rural y la interacción de estas motivaciones con algunos instrumentos regulatorios. Las técnicas usadas en la investigación fueron: Encuestas y experimentos económicos, las técnicas se aplicaron a productores agrícolas y ganaderos del municipio de San Pedro de los Milagros (Encuesta) y a un grupo de estudiantes de la Facultad de ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional dispuestos a ponerse en el papel de productores agropecuarios (Experimentos económicos). Con las dos técnicas se pretendía determinar las motivaciones sociales y ambientales que influían en las decisiones de adopción de tecnologías y prácticas de producción más amigables con el medio ambiente, además del efecto que tienen algunos instrumentos económicos en dicho proceso de adopción. Los individuos que participaron de las dos metodologías pudieron manifestar sus preferencias sociales en cuanto a sus intereses para producir de forma más amigable con el medio ambiente.

Los resultados obtenidos con la primera técnica implementada en el estudio indican que existe gran variación en la adopción de las prácticas y tecnologías de producción en la zona de estudio. La adopción de tecnologías de producción pecuaria (ordeño mecánico, tanque de enfriamiento y tanque estercolero) en general se puede considerar como la más alta, en comparación con otras tecnologías y prácticas (Biodigestor, lombricultivo, compostaje, recolección de agua lluvia, producción de forraje, energía solar, energía eólica) presentes en fincas de la microcuenca el Hato, esto debido al alto porcentaje de predios ganaderos (Aprox. 80%) presentes en la zona de estudio que fueron encuestados y a las exigencias de la empresa lechera para obtener productos de más alta calidad.

La adopción de tecnología en el sector rural del municipio de San Pedro de los Milagros (Microcuenca el Hato) presentó una alta asociatividad con variables como: asociaciones entre predios, actitud hacia la innovación, motivaciones altruistas, motivación de imagen, economía que le confiere la tecnología al aumento de las ganancias de producción, importancia de la tecnología para el sistema productivo, el manejo del concepto “Producción más limpia” y la aplicación de reglas sociales (e.g. multas).

Los resultados variaron de acuerdo a las diferentes reglas que se probaron durante los experimentos. No obstante es interesante observar que los resultados descritos en las pruebas corroboran las propuestas presentadas en la hipótesis, donde se predecía que se

iba a tener una adopción positiva de la finca con menos impacto ambiental, aunque esto significara que se disminuyeran las ganancias de producción.

Los instrumentos económicos evaluados en la investigación se trabajaron solo con un nivel, posiblemente no era suficiente para motivar el proceso de adopción. Sin embargo, Cárdenas 2003 en su trabajo **“Métodos experimentales y participativos para el análisis de la acción colectiva y la cooperación en el uso de recursos naturales por parte de comunidades rurales”** sugiere que los efectos de una multa no dependen del tamaño de la multa ya que estas no generan muchas diferencias al momento de la toma de decisiones. Para efectos de corroborar si lo anterior se aplica al proceso de adopción de fincas que favorezcan el cuidado del medio ambiente, se sugiere que se realicen nuevas investigaciones, pero en este caso variando los niveles de regulación con el fin de determinar cuál el punto crítico donde haya un cambio de actitud en los participantes.

Con los resultados encontrados se puede comenzar a analizar el tipo de reglas para implementar en el sector rural y el diseño de políticas ambientales que se encarguen de la regulación en fincas que estén haciendo uso inadecuado de los recursos naturales, se pudieran implementar reglas de regulación económica como las propuestas en esta investigación (subsidios e impuestos) pero realizando variaciones en el nivel de los instrumentos regulatorios, además se pueden evaluar otro tipo de instituciones (comunicación, motivación de imagen) para implementar en el sector rural y que busquen otro tipo de motivaciones que generen un cambio en el comportamiento del agente económico del sector rural.

Valiéndose del enfoque de la economía experimental se ha podido constatar que la racionalidad individual tiene componentes de preferencias pro-sociales. En efecto, el experimento permite evidenciar la existencia y la revelación de preferencias sociales y ambiental generadas por motivaciones altruistas y no por los instrumentos evaluados en la investigación (subsidios e impuestos); esto muestra que los participantes consideran importante el beneficio que otorga el cuidado del medio ambiente, sin dejar a un lado la importancia que dicho beneficio genere en sus ganancias de producción, con lo cual se desvían de la conducta optimizadora del individuo racional (maximizadora de su utilidad o beneficio) supuesta por la teoría económica neoclásica.

Cuando los individuos revelan sus preferencias en cuanto a la adopción de fincas que favorezcan al cuidado del medio ambiente, no se presenta diferencia entre los tratamientos con subsidio, con impuesto o el control, al no presentarse ninguna significancia estadística en la adopción entre los tres (3) tratamientos, se puede afirmar que la magnitud de los instrumentos económicos utilizados no eran suficientes para inducir un cambio en las motivaciones para adoptar una finca con menos impacto ambiental. Estos resultados invitan a explorar con mayor profundidad el efecto que

provoca la combinación de las motivaciones intrínsecas (costos y beneficios no monetarios) con los mecanismos regulatorios adecuados para los agentes del sector rural en el comportamiento de los individuos para la adopción de tecnologías con menor impacto ambiental.

De aquí se puede fortalecer, como idea de investigaciones futuras la posibilidad de evaluar otros instrumentos económicos y sociales que influyan en la toma de decisiones en el sector rural, además se pueden seguir verificando la importancia de los instrumentos evaluados en esta investigación para diferentes niveles de los instrumentos económicos. Es importante pensar en aplicar el diseño experimental usado en esta tesis en experimento de campo (framed field experiment) y de esta forma verificar los resultados con quienes realmente están tomando las decisiones en el sector rural.

En este sentido, la agenda de investigación a seguir estaría cada vez más enfocada en el uso de las herramientas facilitadas por la economía experimental, con el fin de indagar más a fondo las motivaciones que están presentes en la toma de decisiones por los agentes productores en el sector rural.

Capítulo VII. Bibliografía

- AGUDELO, A.I. (1968). Una nueva dimensión en la adopción de prácticas. *Revista ICA* Vol 3 (2), pp. 83-90.
- AKERLOF, G.A. (1980). A theory of social custom, of which unemployment may be one consequence. *The Quarterly Journal of Economics* June: 749–775.
- AKINWUMI, A. A.; JOJO, B. (1995). Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology: evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural Economics*, Vol 13, Capitulo 1, pp. 1-9.
- AJAYI, O.C., AKINNIFESI, F.K., SILESHI, G., CHAKEREDZA, S. (2007). Adoption of renewable soil fertility replenishment technologies in the southern African region: Lessons learnt and the way forward. *Natural Resources Forum* 31 (4), pp. 306-317.
- ANDREONI, J. (1990). Impure altruism and donations to public goods: A theory of warm-glow giving. *The Economic Journal* 100: 464–477.
- ARIELY, D. (2008) *Predictably Irrational: the hidden forces that shape our decisions*. New York: Harper Collins.
- ASHBY, J.A. (1987). The Effects of Different Types of Farmer Participation in the Management of On-Farm Trials. *Agricultural Administration and Extension*, 25: 235-252.
- BADDELEY, M. (2011). *Energy, the environment and behaviour change: A survey of insights from behavioural economics*. Faculty of Economics, University of Cambridge. CWPE 1162
- BALALI, H.; KHALILIAN, S.; VIAGGI, D.; BARTOLINI, F.; AHMADIAN, M. (2011). Groundwater balance and conservation under different water pricing and agricultural policy scenarios: A case study of the Hamadan-Bahar plain. *Ecological Economics*, Vol. 70, Issue 5, pp. 863-872.
- BARRERA, A.; GÓMEZ P., A.; VÁSQUEZ, Y. (1997). C. El manejo de las selvas por los Mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. México.
- BÉNABOU, R.; TIROLE, J. (2003). Intrinsic and extrinsic motivation. *Review of Economic Studies* 70, pp. 489-520.
- BÉNABOU, R.; TIROLE, J. (2006). Incentives and Prosocial Behavior. *American Economic Review* 96, pp. 1652–1678
- BÉNABOU, R.; TIROLE, J. (2010). Individual and Corporate Social Responsibility. *Economica*, Vol. 77, pp. 1–19.
- BERGSTROM, T. (2003). Vernon Smith's Insomnia and the Dawn of Economics as Experimental Science. *Scandinavian Journal of Economics*.
- BERMUDEZ C. M.T. (2004). Análisis del cambio tecnológico en el distrito de riego del Alto Chicamocha. Tunja, 106p. Trabajo de grado (Magíster en Desarrollo Rural). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Postgrado.
- BOHNET, I.; FREY, B.S.; HUCK, S (2001). "More order with less law: On contract enforcement, trust, and crowding," *American Political Science Review*, 95, 131-144.

- BRAÑAS-GARZA, P.; ESPINOSA, M.; GARCIA-MUÑOZ, T. (2007). Expectativas sobre comportamiento egoísta. Cuadernos económicos de ICE N.º 77.
- BRAÑAS-GARZA, P.; ESPINOSA, M. (2011). Economía experimental y del comportamiento. Papeles del Psicólogo, 2011. Vol. 32(2), pp. 185-193.
- BREKKE, K.A., KVERNDOKK, S.; NYBORG, K. (2002). An economic model of moral motivation. *Journal of Public Economics* (forthcoming).
- CACERES D. 1995. Pequeños productores e innovación tecnológica: un abordaje metodológico. *Agrosur* (Chile), 23(2), 127-139.
- CACERES D. M. 1993. Peasant Strategies and Models of Technological Change: A Case Study from Central Argentina. MPhil Thesis, Manchester University.
- CAMERER, C. (2003). *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*. Princeton University Press.
- CAMERER, C., LOEWENSTEIN, G., RABIN, M. (2004). *Advances in Behavioral Economics*. Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- CARDENAS, J. C; RAMOS, P. A. (2006). Manual de juegos económicos para el análisis del uso colectivo de los recursos naturales.
- CARDENAS, J. C. (2004a). Regulaciones y normas en lo público y lo colectivo: Exploraciones desde el laboratorio económico. Documento Cede (Edición Electrónica), 1657-7191, vol. 37,, Ed. Ediciones Uniandes (Bogotá).
- CARDENAS, J. C. (2004b). Análisis de la acción colectiva para el manejo de cuencas, Estudio piloto-cuenca de la Laguna de Fúquene. Informe final de investigación, Pontificia Universidad Javeriana. Noviembre 8 de 2004.
- CARDENAS, J.C. (2004c) "Norms from Outside and from Inside: An Experimental Analysis on the Governance of Local Ecosystems". *Forest Policy and Economics*, 6, pp. 229-241. Elsevier Press
- CARDENAS, J. C; MAYA, D. L; LÓPEZ M, C. (2003). Métodos experimentales y participativos para el análisis de la acción colectiva y la cooperación en el uso de recursos naturales por parte de comunidades rurales. Pontificia Universidad Javeriana. ISSN 0122 – 1450, pp. 63-96.
- CARDENAS, J.C. (2002). Sistemas naturales y sistemas sociales: hacia la construcción de lo público, lo colectivo, lo ambiental. *Diálogos Estratégicos de Colciencias - Diálogo sobre Medio Ambiente y Desarrollo*
- CARDENAS, J. C. (2001). ¿Le confiamos la biodiversidad al mercado, al Estado o a la comunidad? *Ambiente y desarrollo* 8.
- CARDENAS, J. C.; STRANLUND, J.K.; WILLIS C.E. (2000) "Local Environmental Control and Institutional Crowding-out". *Forthcoming, World Development*, October, Vol 28, No. 10.
- CARMONA, J.C.; BOLÍVAR, D.M.; GIRALDO, L.A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*.
- CIMMYT. La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas. México, D.F.: CIMMYT. 1993.

CONTRERAS M., R.J.; LOVERA, D.; CONTRERAS C., M.; TORRE, J. (2008). Caracterización y evaluación de los recursos naturales de la microcuenca Cunyatupe. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, Vol. 11, N.º 22, pp. 12-20.

CHRISTENSEN, R. 2001. El punto de vista de los usuarios de las nuevas tecnologías en educación: estudios de diversos países. México, ILCE, 2001.

DABROWSKI, J.M.; MURRAY, K.; ASHTON, P.J.; LEANER, J.J. (2009). Agricultural impacts on water quality and implications for virtual water trading decisions. *Ecological Economics* 68, pp. 1074–1082.

DANE. (2009). Proyecciones de población departamentales por área. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

DANE, SISAC. (2008). Síntesis Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2008. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

DAVIS, F.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science* 35(8):982-1003.

DELLAVIGNA, S.; LIST, J.; MALMENDIER, U. (2009) “Testing for Altruism and Social Pressure in Charitable Giving,” University of Chicago mimeo, October.

DE SOUZA FILHO, H.M.; YOUNG, T.; BURTON, M.P. (1999). Factors influencing the adoption of sustainable agricultural technologies: Evidence from the state of Espírito Santo, Brazil. *Technological Forecasting and Social Change* 60 (2), pp. 97-112.

DILLON, A.; MORRIS, M. (1996). User acceptance of information technology: theories and models. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST) American Society for Information Science*. v. 31 pp3-32

DOOREN, G.; SAIT, S.M.; HODGSON, J.A.; SCHMUTZ, U.; KUNIN, W.E.; BENTON, T.G. (2010). Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters*, Vol. 13, Issue 7, pp. 858–869, July 2010.

DOSS, C.R. (2006). Analyzing technology adoption using microstudies: Limitations, challenges, and opportunities for improvement. *Agricultural economics* 34 (3), pp. 207-219.

ERENSTEIN, O. (2003). Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. *Agricultura, Ecosystems & Environment*, Vol. 100, Issue 1, pp. 17-37.

ESCOBAR, G.; BERDEGUÉ, J. (1990). Tipificación de sistemas de producción Agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción. Santiago de Chile.

FAO. (2012). The State of Food Insecurity in the World. Organización para las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, Roma.

FAO. (2011). Informe sobre el hambre en el mundo: los precios de los alimentos permanecen elevados y volátiles. Organización para las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, Roma

FAO. (2000). Medio siglo de agricultura y alimentación. El estado mundial de la agricultura y la alimentación.

FAO. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. *FAO Irrigation and Drainage Papers*, Version 55.

FAO (1996). Cumbre Mundial sobre la alimentación. Departamento de Desarrollo Económico y Social. Novi. 1996 Roma Italia.

FAO. (1991). El desarrollo rural a base de sus potencialidades. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Serie Desarrollo Rural N° 8. 49p.

FAO. (1990). Agua y desarrollo agrícola sostenible. Una estrategia para la aplicación del Plan de Acción de Mar del Plata para el decenio de 1990. FAO, Roma.

FAO; BRUINSMA, J. (2003a). World Agriculture: Towards 2015/2030, An FAO Perspective. Earthscan Publications Ltd., London.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. (2005). Extensión rural en la federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Gerencia técnica, departamento de extensión, Septiembre 29 de 2005.

FEDER, G. (1982). Adoption of Interrelated Agricultural Innovations: Complementarity and the Impact of Risk, Scale and Credit. *American Journal of Agricultural Economics* 64, pp. 94-101.

FEDER, G.; UMALI, D.L. (1993). The adoption of agricultural innovations. A review. *Technological Forecasting and Social Change* 43 (3-4), pp. 215-23.

FEDER, G.; SLADE, R. (1984). The acquisition of information and the adoption of technology. *American Journal of Agricultural Economics* 66: 312-320.

FEHR, E.; FISCHBACHER, U. (2003) "The Nature of Human Altruism". *NATURE* 425, 23 October 2003, p.p 785-791.

FEHR, E.; GÄCHTER, S. (2002) "Do incentives contracts undermine voluntary cooperation?" Institute for Empirical Research in Economics, University of Zurich, Working Paper No. 34.

FEHR, E., GÄCHTER, S. (2000). Cooperation and punishment in public goods experiments. *American Economic Review* 90, 980-994.

FEHR, E.; LIST, J. (2003) "The hidden costs and returns of incentives – Trust and trustworthiness among CEOs." Mimeo.

FEHR, E.; ROCKENBACH, B. (2003) "Detrimental effects of sanctions on human altruism," *Nature*, March 13, 137-140.

FELICITAS S.,D.; WALTER R., G. (1997). La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. Centro de Estudios Avanzados Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. *Agro sur* v.25 n.2 Valdivia dic. 1997.

FIORÉ, A. (2009). Experimental Economics: Some Methodological Notes. Munich Personal RePEc Archive.

FREY S B., JEGEN R. (2000). "Motivation crowding theory: A survey of empirical evidence". Institute for Empirical Research in Economics University of Zurich. Working Paper, número. 49.

FULLERTON, D.; LEICESTER, A.; SMITH, S. (2008). "Environmental Taxes". *National Bureau of Economic Research*, Working Paper 14197. <http://www.nber.org/papers/w14197>. (Noviembre 14 de 2012, 11:00 a.m)

FUNK, P. (2008) "Social Incentives and Voter Turnout: Evidence from the Swiss Mail Ballot System," forthcoming in the *Journal of the European Economic Association*.

GÄCHTER, S.; FEHR, A. (1999). Collective action as a social exchange. *Journal of Economic Behavior and Organization* 39: 341-369.

GALINDO, G.; PÉREZ, TH.; LÓPEZ M.; ROBLES, M.; (2002). Estrategia comunicativa en el medio rural Zacatecano para transferir innovaciones agrícolas. *Terra* 19: 393-398.

GARRIDO, F.E. (2007). Los agricultores como actores de la política agroambiental. Un enfoque multidimensional. *Revista de sociología, Papers* 81, pp. 37-62.

GERBENS-LEENES, P.W.; NONHEBEL, S. (2004). Critical water requirements for food, methodology and policy consequences for food security. *Food Policy* 29, pp. 547-564.

GINTIS, G. (2000). Beyond homo economicus: evidence from experimental economics. *Ecological economic* 35, pp. 311-322.

GINTIS, H. (2007). A framework for the Integration of the behavioral sciences. *Behavioral and Brain Sciences* 30, pp. 1-16.

GNEEZY, U.; RUSTICHINI, A. (2000a). A fine is a price. *The Journal of Legal Studies* 29: 1-17.

GNEEZY U.; RUSTICHINI, A. (2000b) "Pay enough, or don't pay at all," *The Quarterly Journal of Economics*, 791-810

GOBERNACIÓN De ANTIOQUIA, Departamento Administrativo de Planeación –Universidad Nacional, facultad de Ciencias Humanas. (2009). Perfil subregional Norte Antioqueño.

GREINER, R., PATTERSON, L., MILLER, O. (2009). Motivations, risk perceptions and adoption of conservation practices by farmers. *Agricultural Systems* 99 (2-3), pp. 86-104.

GUTIÉRREZ, C.; MARTÍN-ORTEGA, J.; BERBEL V., J. (2009). Situación y tendencias del uso Agrícola del agua en la Cuenca del Guadalquivir. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 220, pp. 163-176.

HAGEN E. E. 1970. How economic growth begins: the theory of social change. In G. Ness (ed.) *The Sociology of Economic Development: a Reader*, pp 163-176. New York: Harper y Raw.

HENRICH, J.; BOYD, R.; BOWLES, S.; CAMERER, C.; FEHR, E.; GINTIS, H.; McELREATH, R. (2001). In search of Homo economicus: behavioral experiments in 15 small-scale societies. *American Economic Review* 91, pp. 73-78.

HENRICH, J.; BOYD, R.; BOWLES, S.; CAMERER, C.; FEHR, E.; GINTIS, H.; McELREATH, R. (2004) "Foundations of Human Sociality: Economic Experiments and Ethnographic Evidence from Fifteen Small-Scale Societies". Oxford University Press.

HOLT, C.; LAURY, S. (2002). Risk aversion and incentive effects. *Am. Econ. Rev.* 92, 1644-1655 (2002).

HOUSER, D. (2010). Understanding context effects. *Journal of Economic Behavior & Organization* 73, pp.58-61.

JARVIS, A.P.; YOUNGER, P.L. (2000). Broadening the scope of mine water environmental impact assessment: a UK perspective. *Environmental Impact Assessment Review* 20, pp. 85-96.

KAHNEMAN, D. (2004). Perception, intuition, and reason symbolic systems distinguished speaker, Stanford University.

KAHNEMAN, D. (2003). Maps of bounded rationality: Psychology for behavioral economics. *American Economic Review*, 93 5, pp. 1449-1475.

KASTNER, T.; KASTNER, M.; NONHEBEL, S. (2011). Tracing distant environmental impacts of agricultural products from a consumer perspective. *Ecological Economics* 70, pp. 1032-1040.

- KEBEDE, Y.; GUNJAL, K.; COFFIN, G. (1991). Adoption of new technologies in Ethiopian agriculture: The case of Tegulet-Bulga district Shoa province. *Agricultural Economics*, Vol. 4, Capítulo 1, pp. 27-43.
- KHANAL, A.R.; GILLESPIE, J.; MACDONALD, J. (2010). Adoption of technology, management practices, and production systems in US milk production. *Journal of Dairy Science* 93 (12), pp. 6012-6022.
- KREPS, D. (1997) "Intrinsic motivation and extrinsic incentives," *American Economic Review Papers and Proceedings*, 87, 2, 359-364.
- KUNTASHULA, E., MAFONGOYA, P.L., SILESHI, G., LUNGU, S. (2004). Potential of biomass transfer technologies in sustaining vegetable production in the wetlands (dambos) of eastern Zambia. *Experimental Agriculture*, 40, pp. 37-51.
- LEATHERS, H. D., SMALE, M., A. (1991). Bayesian Approach to Explaining Sequential Adoption of Components of a Technological Package. *American Journal of Agricultural Economics* 68, pp. 519-527.
- LEEUEWIS, C. (2000). Reconceptualizing participation for sustainable rural development: Towards a negotiation approach. *Dev.Change* 31: 931-959.
- LERNER D. 1964. *The Passing of Traditional Society. Modernizing the Middle East*. New York: The Free Press
- LETICHE, J.M. (2006). Positive economic incentives: New behavioral economics and successful economic transitions. *Journal of Asian Economics*, Vol. 17, Issue 5, pp. 775-796.
- LINDBECK, A.; NYBERG, S; WEIBULL, W. J. (2000) "Social Norms and Economic Incentives in the Welfare State," *Quarterly Journal of Economics*, 1, 114.
- MAHECHA, L.; PELAEZ, F. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Rev. Col. Ciencia Pecuaria* 2002; 15, 213-225.
- MARRA, M.; PANNELL, D.J.; ABADI G., D. (2003). The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve?. *Agricultural Systems* Vol. 75, Issues 2-3, pp. 215-234.
- MAZVIMAVI, K., TWOMLOW, S. (2009). Socioeconomic and institutional factors influencing adoption of conservation farming by vulnerable households in Zimbabwe. *Agricultural Systems* 101 (1-2), pp. 20-29.
- MONARDES, A; COX, P; NAREA, D; LAVAL, E; REVOREDO, C. (1993). Evaluación de adopción de tecnología. Centro de Estudios para América Latina sobre Desarrollo Rural, Pobreza y Alimentación (CEDRA). México. 151 p.
- MOONEN, A.; BARBERI, P. (2008). Moonen and P. Barberi, Functional biodiversity: an agro-ecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127, pp. 7-21.
- MORALES V., P. (2008). Análisis de variables nominales: la prueba de *ji cuadrado* (χ^2) la distribución binomial el contraste de proporciones. *Estadística aplicada a las Ciencias Sociales*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas
- NEGATUA, W.; PARIKHB, A. (1999). The impact of perception and other factors on the adoption of agricultural technology in the Moret and Jiru Woreda (district) of Ethiopia. *Agricultural Economics*, Vol 21, Capítulo 2, pp. 205-216.

NOGUERA, P. (2004). El reencantamiento del mundo. Ed. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA- Oficina Regional para América latina y el Caribe; Instituto de Estudios Ambientales –IDEA- de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

NYBORG, K.; REGE, M. (2003). Does public policy crowd out private contributions to public goods?. *Public Choice* 115: 397–418.

OLIVA P., N.; RIVADENEIRA A., A.; SERRANO M, A.; MARTINE C., S. (2011). Impuestos verdes: ¿Una herramienta para la política ambiental en latinoamerica?. <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08160-20110603.pdf> (Noviembre 14 de 2012, 10:06 a.m)

PARUELO, J.M.; GUERSCHMAN, J.P.; VERÓN, S.R. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy*, Vol.15, no.87 (jun.-jul.2005). pp.14-15,18, pp. 21-22.

PAYRAUDEAU, S.; Van der WERF, H. (2005). Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107, pp. 1–19.

PEREZ, M.A. (2007). Comercio Internacional y medio ambiente en Colombia. Mirada desde la economía ecológica. Universidad del Valle, Capítulo 3.

PIZARRO, J. (2002). Evolución de la producción agropecuaria pampeana en los últimos 50 años (1950-2000). XIII Congreso de la Asociación Internacional de Historia Económica. Buenos Aires, Julio de 2002.

Plan de Educación ambiental municipal, Municipio de San Pedro de los Milagros. 2011. Administración municipal 2008 -2011

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (2010a). Driving a Green Economy Through Public Finance and Fiscal Policy Reform. Green Economy Working Paper v. 1.0, <http://www.unep.org/greeneconomy>. (Noviembre 13 de 2012, 4:00 p.m).

REGE, M.; TELLE, K. (2001). An experimental investigation of social norms. Discussion Papers No. 310, Research Department, Oslo: Statistics Norway.

RINAUDO, M.C.; CHIECHER, A.; DOONOLO, D. (2003). Motivación y uso de estrategias en estudiantes universitarios. Su evaluación a partir del *Motivated Strategies Learning Questionnaire*. *Anales de Psicología*, 19, 107-119

ROGERS, EVERETT M.; KARYN L. S. 1997. The diffusion of innovations model and outreach from the National Network of Libraries of Medicine to Native American Communities. 1997. Department of Communication and Journalism, University of New Mexico. <http://www.nlm.nih.gov/pnr/eval/rogers.html>

ROTH, A. (1993). On the Early History of Experimental Economics. *Journal of the History of Economic Thought*, 15, 184-209.

ROCKSTROM, J. (1999). On-farm green water estimates as a tool for increased food production in water scarce regions. *Phys. Chem. Earth (B)* 24 (4), pp.375–383.

ROSEGRANT, M.W.; RINGLER, C. (1998). Impact of food security and rural development of transferring water out of agriculture. *Water Policy* 1, pp. 567–586.

ROCA, J. (1998). “Fiscalidad ambiental y ‘reforma fiscal ecológica’”. *Cuadernos Bakeaz*, No. 27, junio, Bilbao.

ROGERS, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York: Free Press

- RUBAS, D. (2004). Technology adoption: who is likely to adopt and how does the timing affect the benefits?. Tesis Doctoral. Agosto 2004.
- RUIZ C., T.; OROZCO, S.; RODRÍGUEZ, L.; IDÁRRAGA, J.; OLIVERA, M. (2012). Factors that affect colony forming units in bulk milk of north antioquia-colombia dairy farms. *Rev U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. Vol.15 no.1 Bogotá Jan./June 2012
- RUTTAN, V.W. (1996). What happened to technology adoption—diffusion research?. *Sociologia Ruralis* 36, pp. 51–73.
- SAGA, V.Y.; ZMUD, R.W. (1994). The nature and determinants of IT acceptance, routinization and infusion. En: *Diffusion, transfer and implementation of information technology*. L. Levine, editor. North Holland: Elsevier Science, pp. 67-86
- SANSONE, C.; HARACKIEWICZ, J.M. (2000) *Intrinsic and Extrinsic Motivation*, Academic Press.
- SCHRAM, A. (2000). Sorting out the seeking: The economics of individual motivations. *Public Choice* 103: 231–258.
- SCHULZE, G.; FRANK, B. (2003). “Deterrence versus intrinsic motivation: Experimental evidence on the determinants of corruptibility,” forthcoming in *Economics and Governance*.
- SEN, A. (1999). “Development as Freedom”. Alfred A. Knopf Ed.. New York. 1999
- SHANKAR S., J.; CHANDRA P., V.; SINGH, D.P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140, pp. 339–353.
- SHI, T.; GILL, R. (2005). Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: the case study of Jinshan County with a systems dynamics model. *Ecological Economics*, Vol. 53, Issue 2, pp. 223-246.
- SIDIBÉ, A. (2005). Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agricultural Water Management*, Vol. 71, Issue 3, pp. 211-224.
- SUBEDI, M.; HOCKING, T.J.; FULLEN, M.A.; McCREA, A.R.; MILNE, E.; BO-Zhi, W.U.; MITCHELL, D.J. (2009). An Awareness-Adoption matrix for strategic decision making in Agricultural Development projects: A case study in Yunnan Province, China. *Agricultural Sciences in China*, 8(9), pp. 1112-1119.
- TOBÓN-MARULANDA, F.A.; LÓPEZ G., L.A.; PANIAGUA S. R. (2010). Contaminación del agua por plaguicidas en un área de Antioquia. *Salud pública*. 12 (2): 300-307.
- TOLEDO, A. (2002). El agua en Mexico y en el Mundo. *Gaceta del instituto Nacional de Ecología* 64, pp. 9-18.
- VAN DEN BERGH, J. C.J.M.; FERRER-I-CARBONELL, A; MUNDA, G, (2000). Alternative models of individual behaviour and implications for environmental policy. *Ecological Economics* 32 (1), pp. 43-61.
- VÁZQUEZ, A.; PARDO, M.L.; QUEMADA, M. (2006) Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 112, pp. 313–323.
- VICENS O., J.; MEDINA M., E. (2005). Analisis de datos cualitativos. www.uam.es/personal_pdi/.../tab_conting.pdf (Noviembre 5 de 2012, 1:13 p.m)

WARRINER, G.K.; MOUL, T.M. (1992). Kinship and personal communication network influences on the adoption of agriculture conservation technology. *Journal of Rural Studies*, 8 (3), pp. 279-291.

YE, X.J.; WANG, Z.Q.; LI, Q.S. (2002). The ecological agriculture movement in modern China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 92, pp. 261–281.

ZALIDIS, G.; STAMATIADIS, S.; TAKAVAKOGLU, V.; ESKRIDGE, K.; MISOPOLINOS, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88, pp. 137–146.

ZENG, S.; ESCOBAR, E. 1996. Effect of breed and milking method on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Rum. Res. (USA)*. 19:169-117.