



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN ECONOMÍA
Programa de Doctorado en Economía con especialidad en Economía de los
Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable

**SUSTENTABILIDAD DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR
AGRÍCOLA: EL CASO DE LA PRODUCCIÓN CAFETALERA EN PIURA**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE: DOCTOR EN LA DIVISIÓN
DE ESTUDIOS DE POSGRADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:
LAURA SILVIA ALVARADO BARBARÁN

TUTOR
DR. WALDEMAR MERCADO CURI
POSGRADO EN ECONOMÍA

MÉXICO, D. F.

FEBRERO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Programa Doctoral Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, que mediante el convenio entre la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Nacional Agraria La Molina me permitieron contar con excelentes docentes en los diversos cursos recibidos y además tener el apoyo de tutores y asesores de gran prestigio y reconocimiento en la especialidad.

Agradezco a mi tutor el Dr. Waldemar Mercado por sus consejos y especial atención al desarrollo de mi trabajo de tesis. También por ser un referente en mi carrera profesional y un amigo con quien puedo contar.

Agradezco de manera muy especial al Dr. Alonso Aguilar por todo el soporte, respaldo y apoyo permanente para el enriquecimiento de la tesis. Sus aportes y orientación metodológica han sido valiosos para la orientación del trabajo y se han convertido en un modelo a seguir para mi trabajo como docente e investigadora.

Así mismo al Dr. Luis Jiménez, al Dr. Américo Saldivar y al Dr. Roberto Escalante por su permanente apoyo para la culminación de la tesis.

A la Central Piurana de Cafetaleros (CEPICAFE) y todo su equipo técnico, quienes me brindaron todas las facilidades necesarias para el trabajo de campo. También a los productores cafetaleros por su paciencia y disposición para la toma de encuestas.

También quiero agradecer a Dulce Ruedas y Araceli Martínez de Servicios Escolares, pues sin su apoyo en los trámites administrativos hubiera sido muy difícil culminar con el proceso de obtención del grado.

Por último, quiero agradecer a mi familia quien me brinda el apoyo emocional necesario y la motivación para continuar en este, por momentos complicado, camino para obtener el grado de doctor.

INDICE GENERAL

Introducción.....	- 7 -
Capítulo 1. Sustentabilidad, innovación tecnológica y eficiencia económica en la agricultura.....	- 15 -
1.1 Sustentabilidad.....	- 15 -
1.2 Sustentabilidad e innovación tecnológica.....	- 19 -
1.3 Sustentabilidad y eficiencia económica.....	- 31 -
1.4 El café convencional y orgánico: determinantes de la adopción y eficiencia económica en el Perú.....	- 40 -
1.4.1 Determinantes de la adopción tecnológica del café orgánico.....	- 44 -
1.4.2 Eficiencia económica del café.....	- 45 -
Capítulo 2. ¿Cómo medir la sustentabilidad del cambio tecnológico de producción convencional a orgánica?.....	- 49 -
2.1 ¿Cómo medir los determinantes del cambio tecnológico?.....	- 50 -
2.1.1 Diseño del modelo de determinantes de la adopción tecnológica.....	- 51 -
2.1.2 Variables empleadas.....	- 53 -
2.2 ¿Cómo medir la eficiencia económica?.....	- 54 -
2.2.1 Diseño del modelo de eficiencia económica.....	- 57 -
2.2.2 Eficiencia económica incorporando variables ambientales.....	- 59 -
2.2.2.1 Eficiencia en el uso de nutrientes.....	- 59 -
2.2.2.2 Eficiencia en el uso del agua.....	- 61 -
2.2.3 Variables empleadas.....	- 64 -
2.3 Ámbito geográfico.....	- 65 -
2.3.1 CEPICAFE: Asociatividad de los productores.....	- 67 -
2.3.2 Índices de Desarrollo Humano.....	- 67 -
2.4 Población.....	- 68 -
2.5 Muestreo.....	- 68 -
2.5.1 Tamaño de Muestra.....	- 68 -
2.5.2 Técnicas de muestreo.....	- 69 -
2.5.3 Criterios de selección.....	- 70 -
2.5.4 Instrumentos de colecta de datos.....	- 71 -
2.5.5 Trabajo de campo.....	- 72 -
2.5.6 Procedimiento de análisis de datos.....	- 72 -
Capítulo 3. Análisis comparativo de los productores de café convencional y orgánico.....	- 75 -
3.1 Variables socioeconómicas.....	- 75 -
3.1.1 Sexo y edad.....	- 75 -
3.1.2 Tipo de propiedad y acceso a crédito.....	- 75 -
3.2 Variables productivas.....	- 76 -
3.2.1 Superficie y rendimiento.....	- 76 -
3.2.2 Uso de fertilizantes y uso de agua.....	- 77 -
3.3 Variables de mercado.....	- 79 -
3.3.1 Venta de café.....	- 79 -
3.3.2 Ingresos derivados del café.....	- 79 -
3.3.3 Costos de producción.....	- 80 -
3.4 Variables de capital humano.....	- 80 -
3.4.1 Educación.....	- 80 -
3.4.2 Experiencia en el cultivo del café.....	- 80 -
3.5 Variables actitudinales.....	- 80 -
3.6 Análisis y discusión de resultados.....	- 83 -
Capítulo 4. Análisis de la aceptación de los productores de café para las técnicas agrícolas orgánicas.....	- 86 -
4.1 Antecedentes.....	- 86 -

4.2 El modelo	- 87 -
4.3 Análisis descriptivo de las variables y análisis de correlaciones	- 90 -
4.4 Resultados del modelo	- 91 -
4.5 Discusión y análisis de resultados	- 93 -
Capítulo 5. Valoración económica del balance de nutrientes y del agua para uso agrícola en el caso del café convencional y orgánico en Piura	- 98 -
5.1 Valoración económica del balance de nutrientes	- 98 -
5.2 Valoración del uso del agua.....	- 104 -
5.3 Resultados	- 107 -
5.4 Discusión y análisis de resultados	- 109 -
Capítulo 6. La eficiencia económica del café convencional y orgánico en Piura.....	- 112 -
6.1 Antecedentes	- 112 -
6.2 Estimaciones de Función de Producción a través de Fronteras Estocásticas	- 113 -
6.2.1 Café convencional.....	- 114 -
6.2.2 Café orgánico.....	- 115 -
6.3 Estimaciones de la función de costos usando Fronteras Estocásticas.....	- 116 -
6.3.1 Los modelos para cada escenario	- 116 -
6.3.2 Resultados	- 118 -
6.4 Discusión y análisis de resultados	- 120 -
Capítulo 7. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones	- 122 -
7.1 Conclusiones.....	- 122 -
7.2 Limitaciones del estudio	- 126 -
7.3 Recomendaciones.....	- 126 -
Bibliografía.....	- 129 -

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Datos sobre <i>inputs</i> y <i>ouputs</i> empleados en la producción convencional de café para determinar índices de Törnqvist y el de Malmquist	- 46 -
Cuadro 1.8: Resultados del índice de Malmquist para café convencional.	- 48 -
Cuadro 2.1. Variables consideradas para el modelo de determinantes de la adopción de tecnología orgánica.....	- 53 -
Cuadro 2.2. Diferencias entre los métodos DEA y FEP.	- 56 -
Cuadro 2.3 Variables empleadas para el modelo de eficiencia técnica incorporando variables ambientales	- 64 -
Cuadro 2.4 Variables empleadas para el modelo de eficiencia económica incorporando variables ambientales	- 64 -
Cuadro 2.5. Detalle de acciones relacionadas al trabajo de campo	- 73 -
Cuadro 3.1 Productores de café según sexo y edad.....	- 75 -
Cuadro 3.2 Productores de café según tipo de propiedad y acceso a crédito.....	- 76 -
Cuadro 3.3 Productores de café según distribución tipo de área (%) y área promedio (has.) -	- 76 -
Cuadro 3.4.A Productores de café según tipo de riego y uso de agua	- 78 -
Cuadro 3.4 B. Uso o consumo de agua para el café según tipo de productor (m ³ /ha/año).....	- 78 -
Cuadro 3.4 C. Requerimiento de agua de principales cultivos de exportación en Ica Perú..	- 79 -
Cuadro 3.5 Productores de café según Acceso a Asistencia Técnica (AT) e institución que brinda AT	- 81 -
Cuadro 3.6 Productores de café según frecuencia de la Asistencia Técnica (AT).....	- 81 -
Cuadro 3.7 Productores de café según motivo de certificación y capacidad de gestión.....	- 83 -
Cuadro 4.1. Descripción de variables del modelo de adopción de agricultura orgánica.....	- 89 -
Cuadro 4.2 .Estadísticos Descriptivos y Prueba de Normalidad de Jarque Bera	- 90 -
Cuadro 4.3: Matriz de Correlaciones	- 91 -

Cuadro 4.5: Clasificación de predicciones correctas para un modelo logit y probit	- 93 -
Cuadro 4.6: Efecto Impacto de las estimaciones Logit, Probit para el Modelo Escogido.	- 94 -
Cuadro 5.2 Coeficientes de reposición de nutrientes en % para café convencional y orgánico..	- 102 -
Cuadro 5.3 Coeficientes de extracción de nutrientes en % para café convencional y orgánico..	- 103 -
Cuadro 5.4 Precios de fertilizantes a partir de cuyos precios se estimaron los precios de macronutrientes.	- 104 -
Cuadro 5.5 Valor marginal del agua para uso agrícola para el café según tipo de productor en S/m3.....	- 107 -
Cuadro 5.6 Costos ambientales por balance de nutrientes y uso de agua agrícola para el café según tipo de productor en S/ha	- 108 -
Cuadro 5.7 Costos e ingresos netos con y sin considerar variables ambientales (S/ha).....	- 109 -
Cuadro 6.1 Eficiencia económica en los cuatros escenarios para productores de café convencional y orgánico.....	- 119 -
Cuadro 6.2 Eficiencia técnica económica de diversos cultivos en diferentes países.....	- 120 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Tipos de café en el Perú.....	- 42 -
Figura 2.1. Base teórica de la investigación.....	- 49 -

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1.1. Índice de Tornqvist TFP para el café convencional a nivel nacional.....	- 47 -
Gráfico 6.1: Eficiencia e Ineficiencia Técnica para el café convencional.....	- 114 -
Gráfico 6.2: Eficiencia e Ineficiencia Técnica para el café orgánico	- 116 -

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.1. PIB Agropecuario (Millones de soles)	- 138 -
Anexo 1.2. Exportaciones de productos agrícolas* y exportaciones de café (en millones de US\$)	- 139 -
Anexo 1.3. Producción de café según departamento (TM).....	- 139 -
Anexo 1.4. Producción (TM), superficie (Ha.) y rendimiento (TM/Ha) de café a nivel nacional 1990-2009	- 140 -
Anexo 1.5. Valor FOB de las exportaciones de productos orgánicos (e) en Mill US\$	- 141 -
Anexo 1.6. Valor FOB de las exportaciones de café convencional y orgánico (en Mill. de US\$) a precios corrientes	- 141 -
Anexo 1.7 Valor FOB de las Exportaciones de cafés especiales (Mill. de US\$).....	- 142 -
Anexo 1.8. Diferencial entre precio FOB (US\$) de café convencional y orgánico (por tonelada) -	- 142 -
Anexo 1.9. Inversión del gobierno en café (Mill de US\$) y exportación de café por países (%) ..	- 143 -
Anexo 1.10. Rendimiento de la producción de café por países 2000-2009 (kg/ha).....	- 143 -
Anexo 2.1. Número de productores agropecuarios y superficie en el Norte del Perú.....	- 144 -
Anexo 2.2 Importancia de la producción orgánica en Piura al 2008.	- 144 -
Anexo 2.3. Mapa de la zona cafetalera en Piura.....	- 145 -
Anexo 2.4. Piura: Producción y rendimiento del café	- 147 -
Anexo 2.5. Principales indicadores ambientales de las zonas cafetaleras en el Perú.....	- 147 -
Anexo 2.6. Volumen de Exportaciones de café realizados por CEPICAFE (TM)	- 148 -
Anexo 2.7. Total de exportaciones de café por tipo de mercado - campaña 2009 (%).....	- 148 -
Anexo 2.8 Evolución del precio del café (precios corrientes) en S/ por TM	- 149 -

Anexo 2.9. Principales indicadores de pobreza de departamento de Piura, según provincias	149 -
Anexo 2.10. Población de productores pertenecientes a CEPICAFE desagregado según orgánicos y no orgánicos, en Piura, 2010.....	149 -
Anexo 2.11 Principales valores de los Estratos 1 y 2, según variables para la estratificación.....	150 -
Anexo 2.12. Lista de Asociaciones seleccionadas según estrato, provincia y distrito.	151 -
Anexo 2.13 Encuesta Agrícola dirigida a los Productores de Café	152 -
Anexo 3.1. Productores de café según rango de rendimiento de café (qq/ha).....	157 -
Anexo 3.2. Productores de café según venta a agentes (%).....	157 -
Anexo 3.3. Productores de café según rango de volumen ofrecido a CEPICAFE en %.....	158 -
Anexo 3.4. Productores de café según ingresos provenientes de actividades principales (%)..	158 -
Anexo 3.5. Productores de café según ingresos (S/ha) por café.....	159 -
Anexo 3.6. Precio promedio de café según agente comercializador (S/ por qq)	159 -
Anexo 3.7. Productores de café según rangos de costos (S/ha)	160 -
Anexo 3.8 Costos de producción de café convencional y orgánico por actividad (s/.).....	160 -
Anexo 3.9. Productores de café según nivel de instrucción	161 -
Anexo 3.10 Productores de café según años de experiencia en el cultivo (%)	161 -
Anexo 3.11. Productores de café según tipo de técnicas de conservación empleadas (%).-	162 -
Anexo 3.12. Productores de café según número de técnicas de conservación empleadas (%) ..	162 -
Anexo 3.13 Productores de café según propensión a innovar.....	163 -

Introducción

En las últimas décadas, la agricultura orgánica se ha convertido en una de las principales alternativas para la actividad agrícola tradicional y convencional debido al incremento de la demanda de alimentos sanos a nivel mundial, lo cual ha originado nuevos mercados con precios más atractivos para los agricultores peruanos, muchos de los cuales no tienen acceso a los insumos utilizados para una producción convencional. La práctica orgánica en la agricultura se define como una mejora de las condiciones de los suelos y la biodiversidad genética, debido a la utilización racional y óptima de los recursos naturales. Según el Reglamento Técnico de Productos Orgánicos en el Perú (2003), se define como productos orgánicos, ecológicos o biológicos a “todos los que se originan en un sistema de producción agrícola que, en armonía con el medio ambiente y respetando la integridad cultural, optimicen el uso de los recursos naturales y socioeconómicos, con el objetivo de garantizar una producción agrícola sostenible. Esta definición incluye a todos aquellos productos en cuya transformación se empleen tecnologías acordes con estos principios”.

Sobre la contribución de la producción orgánica a la oferta alimentaria mundial, Badgley et al, 2006, señalan que los métodos orgánicos de producción de alimentos pueden contribuir sustancialmente a la alimentación actual y futura de la población sobre la tierra agrícola base actual, mientras se mantenga constante la fertilidad del suelo. Añaden que a pesar de su pronóstico optimista para la agricultura orgánica reconoce que la transición a ésta práctica requiere numerosos desafíos en los aspectos agronómico, económico y educativo, por lo que el debate debería recaer en la forma de asignar más recursos para la investigación de métodos agroecológicos de producción de alimentos y la forma de mejorar los incentivos para que los agricultores y los consumidores participen en un sistema de producción más sostenible. Sostienen que la viabilidad económica de los métodos de cultivo, la tenencia de la tierra para los agricultores, la accesibilidad de los mercados, la disponibilidad de agua, las tendencias en el consumo de alimentos y la reducción de la pobreza son esenciales para la evaluación y promoción de un sistema alimentario sostenible.

Por otro lado, Seufert et al. 2012, encontraron que en general los rendimientos orgánicos son generalmente más bajos que los convencionales. Pero estas diferencias de rendimiento dependen del contexto como por ejemplo el sistema y características del lugar. Encontraron que el rendimiento de la producción orgánica puede estar entre el 5 %, 13% y 34% por debajo de la producción convencional. Es decir, con buenas prácticas de manejo, tipos de cultivos particulares y crecientes condiciones de los sistemas orgánicos, se puede casi igualar los rendimientos convencionales, mientras que en otros casos, en la actualidad, no es posible. De aquí que adquiere importancia la evaluación de los múltiples beneficios que aporta la agricultura orgánica (sociales, ambientales y económicos).

Si bien los rendimientos de la agricultura orgánica siguen siendo un desafío, lo cierto es que a nivel mundial se ha dado un incremento importante de este tipo de agricultura. Al respecto Willer, et al en el 2008, encontraron que más de 30.4 millones de hectáreas son manejadas orgánicamente por más de 700,000 agricultores en el mundo lo que implica el 0.65% de la tierra para la agricultura de los países considerados en el estudio a nivel mundial para el año 2006. Esto sugiere un incremento importante de la producción orgánica ya que en 1998 el total de hectáreas manejadas orgánicamente eran menos de 10 millones. En otras palabras en menos de diez años el área destinada a producción orgánica se triplicó. Los autores encontraron además que América Latina, después de Oceanía y Europa es el tercer continente en importancia con casi 5 millones de hectáreas con producción orgánica que implican aproximadamente 223,277 agricultores, lo cual equivalen al 0.68% de la tierra total para la agricultura. Un dato importante es que debido a la pequeña producción en América Latina, a pesar que es el tercer continente en importancia de áreas de producción es el primero en número de agricultores con el 32% del total mundial para el año 2006, le siguen Europa (28%) y África (24%). Según un análisis por países en desarrollo, se encontró que Perú está en el noveno lugar del ranking de los diez países más importantes en tierra para agricultura orgánica del 2006, con un área de 0.1 millones de hectáreas después de países como Argentina (2.2), Uruguay (0.9), Brasil (0.9) y México (0.4).

Estudios locales como el de Promperu, 2008, confirman que el Perú no ha sido ajeno a esta tendencia creciente de la agricultura orgánica y se ha convertido en un importante exportador de estos productos entre los que destacan, el café, banano, mango, cacao, y castaña entre otros. Un aspecto central es que en el 90% de los casos, la producción orgánica de estos cultivos provienen de pequeños productores, y que en algunos casos exportan directamente y en otros lo hacen a través de empresas comercializadoras. Paralelamente al incremento de la demanda mundial y de mercados para estos productos, las exigencias han ido aumentando, incorporando el cambio tecnológico y la certificación que se requiere.

Dentro del marco de una propuesta sustentable para la aplicación del cambio tecnológico en una producción agrícola se puede señalar que esta influye positivamente en los ingresos de las familias de agricultores, en la generación de empleo temporal (requerimiento de mayor mano de obra) y mejora del uso de los recursos naturales, es decir la sustentabilidad enmarca los aspectos económicos, sociales y ambientales.

Por ello, la investigación busca evaluar la sustentabilidad del cambio tecnológico de una producción convencional a una orgánica, pues se asume el concepto de medición de sustentabilidad comparativa y no *per se*. Ello implica analizar primero la identificación de las variables determinantes de la adopción tecnológica orgánica y luego la eficiencia técnica y asignativa en la producción. Para esta parte se utilizan las dimensiones no sólo económicas y sociales sino también ambientales.

Esta evaluación de la sustentabilidad del cambio tecnológico de café convencional a orgánico permite extrapolar, en la medida de lo posible, la sustentabilidad de los cambios tecnológicos de la producción convencional a orgánico de otros bienes agrarios de importancia comercial, lo cual es considerado en la toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales en un contexto de amplio crecimiento de este tipo de agricultura. De aquí se midieron las variables influyentes en la adopción: las variables estructurales y las actitudinales. El hecho que las variables actitudinales influyan significativamente, denota una tecnología más sustentable.

Asimismo, permite la medición de un indicador que se reconoce como robusto para la sustentabilidad como la eficiencia económica que incorpora variables ambientales como eficiencia en el balance de nutrientes y la eficiencia en el uso del agua.

A partir de esta problemática, se desprende la pregunta general: ¿cuán sustentable es el cambio tecnológico de la producción convencional a orgánica para el caso del café en Piura?. y de ella las siguientes sub-preguntas:

- i) ¿Cuáles son los factores explicativos de la adopción tecnológica en la producción de café orgánico en Piura?
- ii) ¿Cómo influyen las variables ambientales en la determinación de los costos e ingresos netos de los productores de café convencional y orgánico?
- iii) ¿Cuál de las tecnologías (convencional u orgánica) es más eficiente técnica y asignativamente en la producción de café en Piura?

El objetivo general de la investigación es evaluar la sustentabilidad del cambio tecnológico de convencional a orgánico para el café en Piura a través de la determinación de los factores (económicos, sociales y ambientales) que explican la adopción de la agricultura orgánica, la comprobación de la influencia de las variables ambientales sobre los costos e ingreso netos y la medición de la eficiencia económica para ambos tipos de producción (convencional y orgánica).

Los objetivos específicos son:

- i) Determinar los factores económicos, sociales y ambientales que explican la adopción tecnológica de café orgánico.
- ii) Comprobar la influencia de las variables ambientales sobre los costos de producción e ingresos netos de los productores convencionales y orgánicos.
- iii) Medir la eficiencia económica (técnica y de asignación de recursos) en la producción convencional y orgánica de café.

A partir de estos objetivos se plantean las hipótesis:

Hipótesis general:

La innovación tecnológica adoptada en la actividad cafetalera en Piura basada en la mudanza de la producción convencional a la orgánica es sustentable económica, social y ambientalmente.

Hipótesis específicas:

- i) El cambio tecnológico de la producción convencional a orgánica es explicado por factores no sólo estructurales sino también actitudinales.
- ii) Los ingresos netos de los productores orgánicos son mayores que los ingresos netos de los productores convencionales inclusive eliminando el diferencial por precio.
- iii) La producción orgánica es más eficiente económicamente que la producción convencional de café.

El documento se desagrega en siete capítulos. El primer capítulo comprende la revisión bibliográfica y se centra en discutir la relación existente entre la sustentabilidad, la innovación tecnológica y la eficiencia económica para poder discutir la pertinencia de: i. la medición de la sustentabilidad a través de los factores explicativos del cambio tecnológico de producción convencional a orgánica y ii. de la eficiencia económica de dicha producción. Con respecto a la sustentabilidad y la innovación tecnológica de agricultura convencional a agricultura orgánica es importante analizar: la productividad; los cambios en la calidad ambiental; los efectos en los precios y la aceptabilidad por los usuarios, es decir los determinantes de la innovación tecnológica. A partir de la revisión de literatura, se puede concluir que: i. la productividad, puede verse disminuida con la agricultura orgánica, sin embargo no en condiciones climáticas extremas; ii. la evidencia muestra que los indicadores ambientales son mejores para el caso de la producción orgánica, sin embargo son mediciones parciales y cualitativas. iii. La producción orgánica permite obtener un sobreprecio a los agricultores que evidencia una mayor disposición a pagar por parte de los consumidores, sin embargo no queda claro si este sobreprecio responde a los atributos privados (salud) o públicos del producto. iv. los determinantes de la adopción de tecnologías limpias pueden agruparse en variables estructurales y actitudinales. Dentro de las variables estructurales (económicas) el ingreso y acceso a crédito, juegan un papel importante. Las variables actitudinales están relacionadas principalmente a la información que pueda tener el productor con respecto a los beneficios y costos ambientales de determinada tecnología.

Adicionalmente, éste capítulo presenta algunos indicadores relevantes para el café convencional y orgánico como producción, rendimientos, exportaciones, precios para después presentar la información encontrada para el caso peruano de los dos análisis que ocupan esta investigación: los determinantes de la adopción y la eficiencia económica. Según se ha podido revisar, el café en el Perú ha sido y es un cultivo importante a través de los años. La producción orgánica ha evolucionado de manera favorable en los últimos años debido a la existencia de mercados y mejores precios para éste tipo de cultivos. Los factores que influyen en la adopción de café orgánico son estructurales (como ingreso, educación, edad) y también actitudinales como información sobre problemas ambientales,

acceso a asistencia técnica. En cuanto a la eficiencia económica del café, no se han encontrado estudios para el caso peruano, pero en cuanto a la eficiencia técnica se puede mencionar que los cambios en la productividad total de los factores han ocurrido gracias a cambios en la tecnología, basados principalmente en el mejor uso de fertilizantes (manejo) o calidad de los mismos, ya que en general en el Perú, para el caso del café, las maquinarias son de tipo artesanal.

El segundo capítulo corresponde a la metodología. Se aborda los métodos empleados tanto para los determinantes de la adopción y la medición de la eficiencia. La medición de los determinantes de la adopción de la agricultura orgánica se realiza empleando modelos *logit* y *probit*. El uso de cada uno de ellos se considera arbitrario, por lo que en esta investigación se emplean ambos métodos y se discuten los resultados. Con respecto a la medición de la eficiencia económica, ésta puede medirse a través del método de Análisis Envolvente de Datos (DEA) o Frontera de Producción Estocástica (FEP). La ventaja de usar DEA es que no se establece a priori una forma funcional sin embargo la desventaja es que es más sensible a los valores extremos. Asimismo, se requiere información sobre los factores productivos y ambientales a través del tiempo, información que es escasa por lo limita la posibilidad de su uso. De este modo, la FEP se convierte en una metodología apropiada ya que se puede emplear información de corte transversal cuya ventaja principal es que al incorporar el error (término estocástico), es menos sensible a sesgos. La investigación emplea el método de FEP e incluye variables ambientales como balance de nutrientes y uso de agua las cuales se valoran económicamente. Los valores económicos de dichas variables ambientales fueron incluidos en la función de costos para determinar la eficiencia económica. Esta metodología se considera relevante pues es una adaptación de varios estudios revisados no habiéndose realizado previamente.

La población está conformada por pequeños productores de café de la sierra del departamento de Piura pertenecientes a CEPICAFE-Central Piurana de Cafetaleros, con un tamaño menor a 3 ha de tres provincias cafetaleras de Piura. La población total es de 1943 productores de los cuales 1203 son orgánicos y 730 son convencionales. Se empleó un tamaño de muestra de 160 desagregadas entre 60 productores convencionales y 100 productores orgánicos. La técnica de muestreo empleada fue estratificada. Para formar los estratos por asociación de agricultores se identificaron tres variables (asociatividad, productividad y proporción de agricultores con certificación orgánica) que diera lugar a la formación de dos subgrupos por cada una de ellas. Para la selección de asociaciones, se empleó el criterio de expertos, mientras que la selección de agricultores se realizó aleatoriamente en forma sistemática. Por otro lado, el principal instrumento de recolección de información fue el cuestionario.

El tercer capítulo presenta el análisis de las variables consideradas en el estudio. Se analizan variables productivas, de mercado, ambientales y actitudinales. Se constata que efectivamente son los productores orgánicos aquellos que tienen mejores indicadores socioeconómicos como acceso a crédito. También que son estos los que presentan mayores rendimientos en promedio que los productores

convencionales. Los productores convencionales se caracterizan por usar fertilizantes químicos o no permitidos en la producción orgánica, por no emplear ningún tipo de fertilizante o por emplear los fertilizantes usados por los orgánicos pero en dosis inferiores o inapropiadas. Esto va ligado al menor acceso a servicios de asistencia técnica que tienen. La mano de obra es más intensa para el caso de productores orgánicos pues se requiere mayores labores. El uso de agua es un factor importante en la producción y también en la post-cosecha, pues se requiere para el lavado del café. El estudio ha considerado el uso total de agua para todo el proceso de producción de café pergamino. Son los productores orgánicos los que demandan más agua en el proceso de producción, seguramente por la mayor exigencia en el beneficio del café (el 77% emplea más de 3000 m³, frente a un 28% de los convencionales). Asimismo, se observa que el promedio de uso de agua de productores orgánicos es de más de 9,000 m³/ha/año mientras que para productores convencionales es de 3,400 m³/ha/año, sin embargo estos rangos se encuentran en un promedio de consumo aceptable comparado con otros cultivos en el Perú y con la producción de café en el mundo.

Se constata para ambos casos (convencionales y orgánicos) la importancia del café en la generación de ingresos siendo las demás actividades agrícolas y las otras actividades complementarias en la generación del ingreso familiar.

Se corrobora que los mayores costos de producción para el caso de los orgánicos se encuentran en los insumos (38% frente a 16% para convencionales) mientras que para los convencionales es más importante el costo de producción que el post-cosecha, lo cual es opuesto para los productores orgánicos.

El 95% de los productores orgánicos reciben asistencia técnica mientras que los productores convencionales reciben en un 33% dicha asistencia. Asimismo, los productores orgánicos, reciben la asistencia técnica principalmente de CEPICAFE (92%) mientras que los convencionales reciben la asistencia de otras instituciones. Esto porque los productores orgánicos (es decir que se certifican) tienen beneficios que les ofrece CEPICAFE relacionados con la asistencia técnica, entrega de abonos, fertilizantes, pasantías, etc.

Respecto a técnicas de conservación, del total de productores de café encuestados, el 100% de los productores orgánicos las emplea (ya sea conservación de suelos, pozos de agua, manejo de desechos, manejo de aguas), sin embargo para los productores convencionales, solo un 60% de ellos usa técnicas de conservación de suelo, un 40% emplea pozos de agua, un 57% realiza manejo de aguas, siendo la técnica mas empleada la de manejo de desechos (70%).

El cuarto capítulo presenta los resultados del modelo de los determinantes de adopción tecnológica. El modelo empleó doce (12) variables independientes de acuerdo a la revisión de literatura realizada. A partir de ello, se estableció que la adopción de café orgánico está en función de la edad del productor, el ingreso, la extensión del terreno, acceso a crédito, experiencia en el cultivo de café, tipo de

propiedad, nivel de educación, frecuencia de la asistencia técnica, uso de técnicas de conservación, propensión a innovar, motivos de la certificación y capacidad de gestión. A través de regresiones paso a paso se descartaron las variables edad, nivel de educación y motivos de certificación debido a los niveles de significancia y superficie o tamaño del terreno por el signo obtenido. Por otro lado, la variable capacidad de gestión también fue descartada del modelo. Los resultados indican que en promedio para los modelos *logit* y *probit* se tiene una probabilidad de 79.91 y 61.74 por ciento respectivamente para que los productores adopten la tecnología orgánica. Cabe mencionar que en ambos tipos de estimaciones todas las variables (excepto las descartadas) son estadísticamente significativas al 20% a excepción de la variable uso de técnicas de conservación.

Se constata que para la adopción de producción orgánica son relevantes no sólo las variables estructurales sino también las actitudinales, por lo que se acepta la hipótesis planteada que establece que la adopción de producción de café orgánico es explicado por variables no sólo estructurales sino también actitudinales, ya que si bien las variables estructurales son importantes no son contundentes. Se constata que la asistencia técnica juega un rol importante en el proceso de adopción de tecnologías orgánicas. De las variables estructurales, no fueron significativas las variables superficie del productor, edad y nivel de educación. En cambio fueron significativas las variables ingreso, acceso a crédito y tipo de propiedad. Con respecto a las variables actitudinales, se constata que si bien para esta investigación el acceso y la frecuencia de la asistencia técnica es relevante, no lo ha sido la fuente de la asistencia pues la principal fuente de asistencia técnica en la zona de estudio es CEPICAFE para el caso de los productores orgánicos no en cambio para los productores convencionales. Se estudió también los temas de asistencia técnica pero tuvo problema de asociación de variables. Por último, la propensión a innovar también es significativa, la misma que ha sido medida por la importancia que le dan los productores a la certificación orgánica.

El capítulo cinco presenta los resultados de la valoración económica del balance de nutrientes y del uso del agua agrícola para el café. Se obtuvo que los productores orgánicos presentan un menor costo que los productores convencionales por balance de nutrientes no en cambio por el valor del agua. Los costos por balance de nutrientes y por uso agrícola del agua fueron incorporados en los costos totales y en los ingresos netos o valor neto de la producción. Se analizan los resultados de los costos en dos escenarios: sin considerar costos ambientales y considerando costos ambientales. Los costos para ambos escenarios son mayores para el caso de productores orgánicos, esto debido al uso de **fertilizantes permitidos** que incrementan los costos. Los ingresos netos o beneficios se muestran para cuatro escenarios: i. sin costos ambientales y con precios de café convencional y orgánico; ii. con costos ambientales a precios de café orgánico y convencional; iii. sin costos ambientales a precios de café convencional; iv. con costos ambientales a precios de café convencional. Las variables ambientales incluidas en el análisis si bien incrementan aun más los costos de la producción orgánica (pues son mayores que los costos de producción convencional), no afectan negativamente los ingresos netos o beneficios de los

productores orgánicos que en todos los escenarios presenta mayores valores que los productores convencionales.

El capítulo seis, presenta la eficiencia económica. Previamente se determina la función de producción a través de la frontera estocástica. Con respecto a ésta se concluye que: i. la mejor variable dependiente fue el rendimiento, Para el café convencional el mejor modelo fue aquel que incluye las variables fertilizantes, mano de obra y agua, en cambio para el café orgánico mejor resultó el modelo que incluye solo mano de obra y agua y no incluye fertilizante. Asimismo, las eficiencias técnicas fueron 0.76 y 0.63 para el café convencional y orgánico respectivamente, lo que evidencia mayor eficiencia de la producción convencional. En cambio, en la eficiencia económica no hay diferencias sustanciales para los casos de productores orgánicos y convencionales. Sin embargo, la eficiencia económica para productores convencionales es ligeramente mayor en un escenario sin considerar variables ambientales (escenario 1) mientras que en los escenarios 2, 3 y 4 la eficiencia económica de productores orgánicos es ligeramente mayor a la de los productores convencionales. Los costos ambientales (por balance de nutrientes y por uso agrícola del agua) influyen en el incremento de los costos para los productores orgánicos en mayor proporción que para los productores convencionales, esto explicaría una eficiencia económica no muy diferenciada entre ambos tipos de productores. Sin embargo, haciendo un análisis de ingresos netos o beneficios se constata que éstos para los productores orgánicos son mayores a los de los productores convencionales en los cuatro escenarios.

Por último, el capítulo siete, presenta las conclusiones finales de la investigación. Se concluye que la innovación tecnológica adoptada en la actividad cafetalera en Piura basada en la mudanza de la producción convencional a la orgánica es sustentable socialmente debido a que los determinantes de la adopción no se basan sólo en variables estructurales sino también actitudinales. Ello implicaría que la producción orgánica pueda ser adoptada por aquellos agricultores que reciban servicios de extensión. Por ello, las políticas públicas deberían dirigirse a garantizar adecuados servicios de asistencia técnica y capacitación.

La discusión gira en torno de la sustentabilidad económica, pues cuando se incluyen las variables ambientales como balance de nutrientes y uso de agua agrícola la eficiencia económica de la producción orgánica es ligeramente mayor a la eficiencia económica de la producción convencional. Se observó también que es el costo del agua el que reduce la eficiencia en la producción orgánica. Por ello, es preciso realizar mejoras tecnológicas en el uso de agua agrícola. Sin embargo, también es necesario señalar que la valoración económica de los ingresos han sido medidos sólo por venta de café en el mercado y no por ejemplo por externalidades positivas de la producción orgánica como conservación de biodiversidad o captura de carbono, lo cual hubiera implicado el uso de otras metodologías más complejas. Por ello, se recomienda en estudios posteriores se pueda incorporar este análisis.

Capítulo 1. Sustentabilidad, innovación tecnológica y eficiencia económica en la agricultura

Este capítulo tiene por objetivo discutir la relación existente entre la sustentabilidad, la innovación tecnológica y la eficiencia económica para poder discutir la pertinencia de: i. la medición de la sustentabilidad a través de los factores explicativos del cambio tecnológico de producción convencional a orgánica y ii. de la eficiencia económica de dicha producción.

Para el primer tema, el análisis desde la perspectiva de la demanda por tecnología del productor, se propone medir la sustentabilidad a través de los determinantes de la innovación tecnológica, siendo necesario previamente saber qué entendemos por cambio o innovación tecnológica, cómo se relaciona con la sustentabilidad especialmente en la agricultura y cuáles son las formas en que se han medido los factores que explican los cambios tecnológicos es decir conocer qué hace que un agricultor tome la decisión de cambiar una tecnología por otra en el entendido que ésta sea más sustentable. Con ello es posible conocer cuáles son los factores que limitan o influyen sobre la adopción y por lo tanto cuál de ellas es más viable para los agricultores.

Para el segundo tema, una de las formas que propone la tesis para medir la sustentabilidad es a través de la eficiencia económica. A partir de ello el marco teórico sobre sustentabilidad se centra en la discusión de por qué medir la sustentabilidad bajo una perspectiva de eficiencia económica y la forma de medir el concepto de sustentabilidad bajo un criterio comparativo y no *per se*. Lo anterior se basa en la idea de medir por ejemplo qué tecnología o cambio tecnológico es más sustentable que otra y no si dicha tecnología es sustentable por si misma

1.1 Sustentabilidad

Esta sección tiene tres objetivos: i. Definir el concepto de sustentabilidad, sus componentes y el criterio comparativo de su medición; ii. Relacionar la sustentabilidad y la innovación tecnológica y iii Relacionar la sustentabilidad y la eficiencia económica. A partir de esta discusión se presentan algunas conclusiones sobre las variables analizadas (sustentabilidad, innovación tecnológica y eficiencia económica).

Existen paradigmas sobre la forma de analizar y medir la sustentabilidad. Estos paradigmas son dos: el ecológico referido a la sostenibilidad fuerte y el económico relacionado a la sostenibilidad débil. Ambos enfoques, según Calfucura (1998), deben ser considerados más que como opuestos como complementarios en el análisis de la sustentabilidad del crecimiento económico que toman en mayor o menor medida los factores económicos o ecológicos. Es importante esta distinción

para la investigación por la importancia que le otorga cada uno de ellos al cambio tecnológico.

El primero, tiene un enfoque pesimista sobre el cambio tecnológico: mayor tecnología, genera menores precios y mayor extracción. Supone que el capital natural impone restricciones al crecimiento y que el colapso ecológico conlleva a un colapso económico¹. Este enfoque aboga porque debería sostenerse la estructura y características de los sistemas ecológicos de la tierra, las funciones de soporte de la vida o el acervo de capital natural. Esta sostenibilidad ecológica se representa a través de los conceptos de estabilidad y resiliencia, el primero se refiere a la capacidad de las poblaciones de especies para retornar al equilibrio después de una perturbación, y el segundo, mide la propensión del ecosistema para retornar a su estructura principal después de una perturbación².

El paradigma económico o de sustentabilidad débil señala que el crecimiento sostenido se puede lograr si el agotamiento de recursos no renovables es compensado con recursos renovables. Este paradigma se basa en Hartwick (1977) quien demuestra que si las rentas son invertidas apropiadamente se puede mantener un consumo constante en el tiempo, mediante la mantención o incremento del stock total de capital. Bajo este criterio, se amplía el concepto de capital, agregando los recursos naturales (capital natural). La idea subyacente es que existe un alto grado de sustitución entre las distintas formas de capital de manera que la disminución de alguna de ellas no afecta las posibilidades futuras de producción o consumo, si es que el capital total se mantiene al menos constante. Este paradigma tiene un criterio optimista con respecto a la tecnología: mayor tecnología, genera crecimiento. Asimismo, considera a los precios como buenos indicadores de escasez y admite la valoración económica de los recursos naturales y de los impactos ambientales.

Según Bejarano Avila, 1998, citado por Sarandón (2002) el concepto de sustentabilidad ha quedado en la etapa declarativa y no se ha hecho operativo debido principalmente a la dificultad de traducir los aspectos ideológicos de la sustentabilidad en la capacidad de tomar decisiones, al respecto, Sarandón (2002) señala entre otras razones que esto se debe a la ambigüedad, poca funcionalidad y característica multidimensional del concepto (económica, ecológica, social) y la ausencia de parámetros comunes de evaluación junto con el uso de herramientas y metodologías adecuadas.

¹ Sostiene además que los recursos naturales son básicos para la producción y que por lo tanto su pérdida sería catastrófica. Establece que los recursos naturales no pueden ser sustituidos por el capital hecho por el hombre. Supone que algunos recursos no tienen sustitutos, entonces, deben conservarse algunos stocks "críticos" (Pearce, Barbier & Markandya, 1990; Pearce & Atkinson, 1993). Considera además que los precios son malos indicadores de escasez pues estos no capturan el interés de las generaciones futuras.

² Quienes abogan por la sustentabilidad fuerte, Daly y Cobb (1989) entre otros, lo hacen por tres razones: primero, algunos recursos son esenciales para la producción y su agotamiento llegarían a ser un evento catastrófico, segundo, aunque los recursos naturales no sean esenciales en la producción su potencial de sustitución declina con la reducción de su acervo, y tercero, no hay posibilidades de sustitución para muchos recursos naturales, por ejemplo, la vida silvestre. Lo anterior implica que determinadas cantidades de capital natural deben ser conservadas sin importar el costo de oportunidad de hacerlo.

Sobre lo anterior Simon (2003), también menciona que justamente por el carácter multidimensional del concepto resulta complicado medirlo. Añade que numerosos indicadores han sido desarrollados simultáneamente, los cuales, o bien destacan los diversos componentes (ecológico, económico, político, social) del concepto por separado (indicadores parciales) o bien encapsulan todos estos componentes a la vez en índices (marcos de indicadores). Cada uno de estos enfoques presenta ventajas y desventajas, por ejemplo los indicadores parciales ayudan a entender de una manera más general y compleja el concepto. Sin embargo, la desventaja está en el hecho de que las asociaciones entre las diferentes dimensiones de sustentabilidad (ambiental, económica, social e institucional) no están reflejadas a través de dichos indicadores, lo que sí sucede en el caso de los índices.

Por su parte Bossel (1999) cuestiona medir la sustentabilidad mediante índices pues manifiesta que un solo valor no es capaz de capturar todas las dimensiones de un sistema. Añade que solo los sistemas viables pueden determinarla. El autor manifiesta que la viabilidad del sistema³ se dará si los subsistemas (capitales) lo son. En base a esta definición se centrará la investigación.

Con respecto a la medición de sustentabilidad en la agricultura, se puede citar a Altieri (1994) quien menciona que para evaluar la sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas es necesario tener en cuenta tres criterios: mantener la capacidad productiva de los ecosistemas, preservar flora y fauna y conservar la capacidad del ecosistema para automantenerse y autorregularse. Sobre el primer criterio apunta a que una característica importante de su definición es la capacidad del ecosistema para mantener un rendimiento que no decline a lo largo del tiempo. Por otro lado, se apunta a que se defina como el requerimiento de presentar un rendimiento constante y la preservación de la degradación ambiental. Según el autor, estas dos demandas podrían percibirse como incompatibles ya que la producción necesita un nivel de utilización de recursos mientras que la protección ambiental requiere un cierto nivel de conservación.

Altieri (1994) señala además que la agroecología es la base para una producción agrícola sustentable. Plantea que la agricultura moderna enfrenta una crisis ambiental, la misma que se debe al uso de prácticas agrícolas intensivas basadas en el uso excesivo de insumos que llevan a la degradación ambiental y de recursos naturales que conllevan además a la reducción progresiva de la productividad de los cultivos. Ello se evidencia por ejemplo en la pérdida de rendimientos por plagas a pesar del aumento de agroquímicos, pues estas se vuelven cada vez más resistentes. Otro factor que señala el autor es el cambio a prácticas culturales que favorecen el monocultivo⁴ y para medirla propone la desagregación de indicadores en parámetros económicos, sociales y biofísicos o ambientales. Entre los indicadores económicos menciona a la dependencia de

³ Según Bossel (1999), el sistema total está compuesto por tres subsistemas: el humano (individual y social) de soporte (económico y de infraestructura) y el natural (recursos y ambiente). Estos tres sistemas conforman los tres tipos de capital: humano, construido y el natural.

⁴ En la próxima sección se detallará las innovaciones tecnológicas sobre los principios de la agroecología.

insumos externos, ingresos, empleo; entre los sociales señala que estos son nutrición, viabilidad cultural, aceptabilidad política, equidad; entre los ambientales o biofísicos menciona la productividad del cultivo, rendimientos del suelo, cantidad y calidad del agua para riego, uso de productos químicos en la agricultura. Concluye que la agroecología es aquella que presenta mejores indicadores principalmente ambientales, pues es más sensible a los ciclos naturales y a las interacciones biológicas que la agricultura convencional, sin embargo faltan estudios sobre los aspectos socioeconómicos y políticos que más que los problemas técnicos pueden constituirse en barreras para el desarrollo de este tipo de agricultura.

En oposición a Altieri (1994), Sarandón (2002) menciona que diversas tecnologías, inclusive contrapuestas, pueden (y son) promovidas como sustentables. El que sean o no sustentables nadie puede refutarlo o afirmarlo pues la sustentabilidad no presenta un valor con el cual comparar⁵. A partir de ello, el autor tipifica dos posibilidades de evaluación de la sustentabilidad.

La primera la denomina evaluación *per se*, la cual se centra en contestar a la pregunta: ¿es sustentable la producción orgánica de café? o ¿es sustentable determinada tecnología? Como para estos casos no hay puntos de comparación, entonces exige una respuesta categórica: sí es sustentable o no es sustentable. Sin embargo, para responder a ello se requiere de un valor absoluto de sustentabilidad lo cual es muy complejo de encontrar, en todo caso, según el autor, el tiempo es el factor que juega un papel importante, así la pregunta sería por ejemplo: ¿cuánto tiempo se quiere sustentar el sistema?

La segunda posibilidad es la evaluación comparativa de la tecnología, ¿cuál de los dos sistemas es más sustentable?. En este caso no importa el valor absoluto, por lo tanto es más común y fácil de medir. Esta consideración comparativa de la sustentabilidad es importante para la investigación pues no se medirá la sustentabilidad *per se* sino se compara la sustentabilidad de la producción convencional y de la producción orgánica.

Versiones más actuales sobre el concepto de sustentabilidad se encuentran en el trabajo de Bell y Morse (2008). Los autores citan a Kidd (1992), quien identificó seis raíces de la sustentabilidad: i. Biósfera, ii. Recursos ambientales, iii. Capacidad de carga ecológica, iv. Crítica a la tecnología, v. No crecimiento vs crecimiento lento y vi. Eco-desarrollo. Sobre la cuarta raíz referida a la crítica al uso de tecnologías nocivas al ambiente, los autores discuten sobre la sustentabilidad de la agricultura convencional, la misma que puede ser cuestionada justamente por el uso excesivo de químicos. Sin embargo, los autores plantean la pregunta si minimizar o eliminar el uso de tecnologías nocivas es adecuado, ¿cuál sería el costo de ello?. Las respuestas pueden ser diversas y dependen de quien define la sustentabilidad en cada contexto. Esa raíz también

⁵ Señala por ejemplo que quienes promueven la siembra directa consideran a esta tecnología como sinónimo de sustentabilidad, mientras tanto hay quienes consideran que es todo lo contrario pues promueve un mayor uso de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas.

se relaciona con la investigación, pues justamente se quiere medir si efectivamente la agricultura orgánica es más sustentable que la convencional.

Bell y Morse (2008) también mencionan dos puntos centrales para analizar la sustentabilidad: el espacio y el tiempo, es decir, la escala de análisis. Para el primer caso se debe definir si se trata de una parcela, comunidad, ciudad, región, etc., o si se está considerando zonas urbanas o rurales. Para el segundo factor, es necesario tener en cuenta la diversidad de indicadores que implica la sustentabilidad para los tiempos de análisis requeridos⁶.

En síntesis, se concluye sobre la sustentabilidad en la agricultura que: i. Abarca tres grandes componentes: económico, social y ambiental. Algunos autores incluyen el componente institucional o político; ii. Debe ser medida bajo un criterio comparativo, no se puede hablar de la sustentabilidad de una tecnología *per se*, iii. La medición (comparativa) puede realizarse a través de indicadores parciales o índices. Ambos criterios presentan ventajas y desventajas, sin embargo la ventaja de emplear índices es que permiten capturar las asociaciones entre las diferentes dimensiones de sustentabilidad (ambiental, económica, social e institucional). iv. Es importante tener en cuenta los aspectos de tiempo y escala y, v. las tecnologías como agricultura orgánica podrían ser más sustentables que las convencionales, siempre y cuando, se tenga en cuenta el tiempo, la escala y el contexto.

1.2 Sustentabilidad e innovación tecnológica

La innovación tecnológica (cambio o progreso tecnológico) es definida como aquella idea que mejora la tecnología de la producción y permite que un determinado grupo de insumos obtenga más (cantidad) o mejor (calidad) nivel de producción.

La teoría económica enfatiza su análisis sobre el cambio tecnológico o innovación tecnológica para la generación de mayor productividad (cantidad), por ello primero se analizará este aspecto, sin embargo dada la investigación es importante estudiar también la relación entre innovación y calidad, esta última relacionada a la calidad de los insumos empleados.

Se dice que cuando ocurren cambios de productividad a través del tiempo, existe un cambio técnico. De allí que este concepto puede ser analizado a nivel microeconómico a través de la función de producción para lo cual es necesario relacionarlo con la eficiencia económica (un cambio de productividad significa mayor eficiencia) y también a nivel macroeconómico a través de la función de producción agregada, para lo cual es necesario relacionarlo a los modelos de crecimiento. Por otro lado, la innovación tecnológica ha sido un tema muy explorado para el caso de la agricultura y su relación con la reducción del hambre y la pobreza en lo que se denominó la revolución verde, con resultados poco

⁶ Por ejemplo en la agricultura, si se habla de problemas por pesticidas se requiere entre 5 a 20 años de análisis, mientras si se habla de degradación del suelo este puede ser de 20 hasta 100 años.

alentadores⁷. En contraposición, en la actualidad la innovación tecnológica para la aplicación de tecnologías limpias entre las que se encuentra la agroecología o producción orgánica se presenta como una alternativa de uso de prácticas sustentables a nivel económico, social y ambiental (ver cuadro 1.3).

Esta sección abordará el cambio tecnológico o innovación tecnológica primero dentro de los modelos de crecimiento y desarrollo (nivel macroeconómico) y luego en la agricultura (nivel microeconómico).

Según la teoría del crecimiento económico existen dos modelos para analizar el crecimiento debido al cambio tecnológico. El primero es el modelo de crecimiento exógeno o modelo de Solow (1956). Según este modelo, una mayor inversión y una menor tasa de crecimiento de la población harán que un país sea más rico respecto a otro que no tenga esas condiciones, pues permite una mayor acumulación de capital por trabajador y aumentar la productividad del trabajo. Solow, además afirma que el crecimiento sostenido se debe al progreso tecnológico y alega que sin este a la larga el crecimiento per cápita, cesará. El segundo modelo es el endógeno. Uno de los representantes de este modelo es Romer quien los 80s, formalizó la relación entre la economía de las ideas y el crecimiento económico.

Según Romer (1986), una característica inherente a las ideas es que son no rivales entre sí. Esta falta de rivalidad implica la presencia de rendimientos crecientes a escala. Para construir el modelo de rendimientos crecientes en un ambiente competitivo con investigación intencional se requiere la competencia imperfecta. Es decir, este modelo al asumir la existencia de externalidades positivas, substituye los supuestos del modelo exógeno sobre rendimientos constantes a escala y competencia perfecta⁸.

En síntesis se puede decir que ambos modelos señalan que el progreso tecnológico es directamente proporcional al crecimiento. Este crecimiento no implica necesariamente la conservación de recursos naturales, la disminución de brechas de pobreza o el desarrollo de capacidades humanas como sí lo implica el término desarrollo.

Asimismo, el cambio tecnológico también tiene una connotación importante para explicar el crecimiento dentro de la economía ambiental o neoclásica a diferencia

⁷ Según, Freebairn, 1995, una revisión de más de 300 estudios sobre la Revolución Verde publicado durante 1970-1989 muestra que alrededor del 80% de los estudios que tenían conclusiones sobre los efectos distributivos de la nueva tecnología se ha encontrado que la desigualdad aumentó, tanto a nivel local como interregional.

⁸ Este modelo considera el conocimiento tecnológico como un bien público no rival. Esto se basa en que si una idea es inventada, puede ser usada por una o por mil personas sin costo adicional alguno y esta falta de rivalidad es la que implica los rendimientos crecientes a escala, lo que conduce a modelos de competencia imperfecta, pues se asume que la única razón por la cual un inventor está dispuesto a asumir los grandes costos, en una sola vez, de crear una nueva idea, es porque espera estar en posibilidad de cobrar un precio mayor al costo marginal y obtener ganancias.

de la economía ecológica. Según la economía ambiental, existe una relación directa entre progreso tecnológico y crecimiento, debido a que acepta la sustitución de capital natural por manufacturado, mientras que la economía ecológica al rechazar la sustitución entre los mencionados capitales sostiene que el progreso tecnológico no necesariamente genera crecimiento pues las nuevas tecnologías no son necesariamente menos contaminantes y el progreso tecnológico está indefinido pues no se sabe si perdurará durante un largo periodo de tiempo.

Ya se ha mencionado que un cambio en productividad es explicado por cambio o innovación tecnológica. Para esta tesis la innovación tecnológica es entendida como un cambio de agricultura convencional a agricultura orgánica o ecológica, lo cual no necesariamente significa incrementar rendimientos sino por el contrario implica más bien una reducción de la productividad, sin embargo esto no depende sólo del sistema de manejo (convencional versus ecológico u orgánico) sino también depende de otros factores como el clima y las características del suelo. Lotter (2003), citado por Arandia y Aldanondo, 2007, señala que para analizar los rendimientos se debe tener en cuenta dos puntos importantes: la calidad del cultivo (mayor contenido en materia seca de productos ecológicos) y en segundo lugar que los cultivos orgánicos superan a los convencionales en productividad en condiciones climáticas adversas como por ejemplo las sequías.

Para el caso del cambio tecnológico de convencional a orgánico es importante analizar además de la variación en la productividad, los cambios en la calidad ambiental y los efectos en los precios según lo menciona Arandia y Aldanondo, 2007. Adicionalmente, se considera importante para la investigación analizar la aceptabilidad por los usuarios, es decir los determinantes de la innovación tecnológica.

En cuanto a la calidad ambiental, se sabe que la agricultura orgánica surge en respuesta al fracaso de la revolución verde, movimiento que surgió para resolver el problema de inseguridad alimentaria en el mundo y que tenía entre sus principios incrementar el uso de agroquímicos para incrementar la productividad de los cultivos. Sin embargo, este modelo contribuyó a empobrecer a los pequeños agricultores al hacerlos dependientes de agroquímicos importados cuyo uso elevaba sus costos de producción. Por ello se puede afirmar que estos paquetes tecnológicos derivados de la revolución verde no fueron sustentables (Altieri, 1994). En contraposición a esta tendencia, surge el movimiento agroecológico, que se basa en los principios de sustentabilidad es decir incorpora ideas sobre una agricultura con un enfoque más ligado al medio ambiente y más sensible en términos sociales; una agricultura centrada no sólo en la producción sino también en la sustentabilidad o sostenibilidad ecológica del sistema productivo, lo que implica una serie de características respecto a la sociedad y la producción que van mucho más allá de los límites del predio agrícola (Alvarado, 2004). Por lo anterior estas innovaciones serían más sustentables que las promovidas por la revolución verde, aunque como ya se ha mencionado la sustentabilidad puede ser un término relativo que depende el tiempo y la escala.

Altieri, 1989, señala que entre los principios de este tipo de agricultura se encuentra la labranza mínima, el reciclaje de nutrientes, uso de barreras, diversidad productiva, diversidad de especies, entre otros aspectos que la hacen más sustentable que la tecnología convencional, en el sentido que es más amigable con el medio ambiente. Menciona además que presenta mejores indicadores en los aspectos económicos y sociales, tal como se muestra en el cuadro 1.1 (Altieri, 1994).

Cuadro 1.1. Comparativo entre agricultura convencional y orgánica a través de indicadores económicos, ambientales y sociales.

Aspecto/indicador	Agricultura convencional	Agricultura orgánica
1. Económico		
Dependencia en insumos externos	Alto	Bajo
Empleo	Alto (estacional)	Medio
Ingresos	Alto sin incorporar costos ambientales	Medio
2. Ambiental		
Capacidad de reciclaje de nutrientes	Bajo-Medio	Medio-Alto
Capacidad de conservación de agua y suelo	Bajo	Medio-Alto
Nivel de biodiversidad	Bajo	Medio-Alto
Estabilidad frente a plagas y enfermedades	Bajo	Medio-Alto
Almacenaje de carbono	Bajo-Medio	Alto
3. Social		
Viabilidad cultural	Bajo-Medio	Medio-Alto
Salud y nutrición	Bajo-Medio	Medio-Alto
Aceptabilidad política	Medio-Alto	Medio-Alto
Equidad	Bajo-Medio	Medio-Alto

Fuente: Altieri, M. Bases Agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura Técnica Chile, 74 (4): 371-386. Octubre-Diciembre 1994.

Asimismo, Stolze et al (2000) citado por Arandia y Aldanondo (2007) realizan una comparación del impacto ambiental entre la agricultura convencional y ecológica a través de un conjunto de indicadores ambientales desarrollados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-OCDE, los cuales se desagregan en cuatro categorías i. ecosistemas, ii recursos naturales (suelo, agua, clima y aire), iii. inputs y outputs de la explotación, iv. Salud y bienestar. Concluyen que la agricultura ecológica obtiene mejores resultados que la convencional en la mayoría de indicadores (que se presentan en el cuadro 1.2), sin embargo, existen algunos indicadores como el impacto en el aire y clima, bienestar animal y calidad de los alimentos en los que no existe diferencia significativa entre una agricultura y otra.

Cuadro 1.2. Comparación del impacto ambiental entre la agricultura convencional y orgánica.

Indicadores	Mucho mejor	Mejor	Igual	Peor	Mucho peor
Ecosistema		x			
Diversidad de flora		x			
Diversidad de fauna		x			
Diversidad de hábitat			x		
Paisaje			x		
Suelo		x			
Materia orgánica de suelo		x			
Actividad biológica	x				
Estructura			x		
Erosión		x			
Agua subterránea y superficial		x			
Lixiviación de nitrato		x			
Pesticidas	x				
Clima y aire			x		
CO2		x			
N2O			x		
CH4			x		
NH3	x				
Pesticidas		x			
Inputs y outputs de la explotación		x			
Uso de nutrientes		x			
Uso de agua			x		
Uso de energía		x			
Salud y bienestar animal			x		
Agricultura			x		
Salud			x		

Fuente: Stolze et al (2000) citado por Arandia y Aldanondo (2007).

No se encontró evidencia que midan los cambios ambientales entre agricultura convencional y orgánica para el caso peruano, sin embargo, Iguñiz (2006) realizó un estudio que buscó tipificar los tipos de innovación tecnológica realizados en el Perú de acuerdo a diferentes enfoques⁹. El autor enfatiza que para el caso del enfoque agroecológico, pueden distinguirse dos estrategias con claridad: i) La que maximiza recursos prediales o locales, estrategia que, de hecho, es antigua. En este caso, los productos son muy similares a los de la primera estrategia mencionada anteriormente; esto es camélidos y ovinos, así como productos nativos. La diferencia sería una mirada más amplia que los productos mismos, un enfoque orientado a la biodiversidad. ii) La estrategia basada en la certificación de la calidad de la producción, del procesamiento y de la distribución. Esta última

⁹**Seguridad alimentaria**, enfoque cuyo objetivo es el abastecimiento de alimentos baratos; **Agroexportación**, con el objetivo de generar divisas. **Revolución verde**, enfoque dirigido a aumentar la producción y la productividad de cultivos de consumo masivo. **Social**, enfoque que tiene como fin impulsar la generación de empleo rural y la retención de población en el campo. **Agroecológico**, enfoque que tiene el fin de lograr la conservación ambiental.

variante es más reciente y los productos más interesantes desde el punto de vista económico han sido el café orgánico, el banano y el mango orgánico. El autor menciona además que las categorías se traslapan, por ejemplo el enfoque de seguridad alimentaria puede tener bastante en común con el de la revolución verde. También el agroecológico puede tener importantes aspectos comunes con el social e incluso con la propuesta de una nueva revolución verde, mientras que la agroexportación puede fácilmente basarse en la revolución verde, y así podrían darse yuxtaposiciones de otro tipo.

Iguñiz (2006), no llega a determinar cuál es el enfoque que logra un mejor uso de recursos naturales sin embargo, señala que se establece como supuesto que un cambio o innovación tecnológica se relaciona directamente con una mejor eficiencia en los recursos, como la calidad del agua y suelo, sin embargo la información, según él mismo menciona es todavía no muy precisa, por lo que se hace necesario investigar al respecto¹⁰.

El tercer aspecto (precios) se relaciona con el hecho que la certificación o etiqueta orgánica es un medio por el cual los productores pueden capturar un sobreprecio que refleja la disposición a pagar de los consumidores por productos que han sido producidos usando métodos más amigables con el medio ambiente. Algunos autores como Wynen y Vanzetti, (2002) citados por Arandia y Aldanondo, 2007, señalan que lo importante para los consumidores es el precio del producto orgánico relativo al del convencional, sin embargo los precios de los productos convencionales no reflejan los costos externos que se imponen en el medio ambiente por lo tanto, como en el caso de los rendimientos las comparaciones basadas únicamente en el diferencial del precio no son suficientemente explicativas. Otro aspecto a explorar en cuanto a precios es identificar cuáles son los factores que motivan la compra por parte de los consumidores. Estos factores son los atributos del producto que pueden ser privados (salud) o públicos (medio ambiente). No queda claro que se esté pagando por el atributo público, lo que puede resultar en una provisión del bien público menor a la deseada debido a la ausencia de un mercado. Ello genera la necesidad de intervención del Estado (Arandia y Aldanondo, 2007).

Con respecto al cuarto aspecto (aceptabilidad o aplicabilidad por los usuarios) es importante preguntarse cuáles son los factores que determinan la innovación tecnológica. Existen dos grandes enfoques para analizar los determinantes de la adopción tecnológica, uno sociológico y el otro económico. Para el primer enfoque

¹⁰ Menciona por ejemplo, en el caso del cultivo de arroz, se ha pasado de 22.000 metros cúbicos por hectárea en 1970 a 11.000 metros cúbicos por hectárea en el año 2000. Ello se debe a la disminución del período vegetativo. Las cifras sobre eficiencia en el uso de agua de riego en la costa parecen indicar un estancamiento, aunque se requiere un estudio sistemático para confirmar esta apreciación..." Para el caso de suelos, el autor menciona: "...No se estudia mucho la conservación de suelos en el Perú, aunque dada la fragilidad de ellos, este estudio debería ser prioritario. La conservación de suelos es una actividad que depende principalmente del propio agricultor. Sin embargo, el Estado tiene una responsabilidad al respecto. Dos factores parecen ser los más importantes en lo que se refiere al deterioro del suelo: la erosión y el sobreuso".

uno de los principales representantes es Rogers (1962), quien encontró que la adopción de una nueva tecnología está influenciada por el nivel actual de la productividad del agricultor. Sin embargo, la teoría económica establece que la tecnología afecta a la productividad. Así, la tecnología y la productividad parecen ser determinadas conjuntamente. De ello, se concluye que, desde el punto de vista económico no debería considerarse como variable explicativa de la adopción (ex post) a la productividad. Adicionalmente, Rogers (1962) encontró que la adopción está determinada por el tamaño de la explotación, experiencia de los agricultores, la educación y participación de la industria asociada a la innovación, sin embargo estas variables desde el punto de vista económico serían el capital humano (medido a través de la experiencia y capacidad de gestión de los agricultores) y la capacidad de evaluar la información y el riesgo (Zepeda, 1994).

Esta investigación se centra en el enfoque económico, sin embargo, las variables sociales y ambientales son también tema central del análisis. Existen algunos trabajos que han buscado analizar cuáles son los factores que influyen en la decisión de la adopción prácticas de producción sustentable o limpias¹¹ para diversos cultivos, países y empleando modelos logit y probit, los cuales se detallan en el cuadro 1.3.

Según se puede observar, gran parte de los estudios coinciden en que es importante considerar como determinantes de la adopción de tecnologías limpias a las variables estructurales (edad, educación, tamaño de familia, tamaño de granja, entre otras), sin embargo éstas no necesariamente están correlacionadas (de manera significativa) con la adopción. Más bien es importante considerar variables ambientales medidas a través de la información que puedan tener los productores sobre los problemas ambientales, según lo señala D'Souza et al (1993).

Con relación a las variables económicas o financieras, tomando en consideración lo propuesto por Arellanes y Lee (2003) los ingresos del hogar no constituyen un factor determinante de la adopción cuando se trata de tecnologías de bajo costo, sin embargo para el caso en estudio sí debe ser considerado pues la certificación supone un alto costo. El acceso al crédito también es un factor relevante según lo encontró He et al (2008).

Varios autores enfatizan la importancia de incorporar al análisis las características actitudinales (la actitud para la innovación, decisión de acceder a capacitación, capacidad de gestión, entre otros) y las percepciones sobre la tecnología y los problemas ambientales (He et. al. , 2008; Davies y Hodge, 2006; Ajayi, 2007, Diederer et al, 2003) pues resultan ser más importantes para la adopción que las variables estructurales.

Por su parte Perret y Stevens, 2006, encontraron a los derechos de propiedad y a la acción colectiva como variables significativas. Ésta última, es relevante para el

¹¹ Este término es empleado para referirse más bien a tecnologías que realizan un mejor uso de los recursos naturales y ambiente más que a los componentes económicos y sociales.

caso peruano pues se ha comprobado que existe una relación entre pertenencia a organización y adopción de prácticas orgánicas¹².

Varios autores también enfatizan la relación entre el acceso a información y la comunicación como aspectos importantes para la adopción, medido principalmente en acceso a servicios de extensión (asistencia técnica, capacitación) y fuentes de información sin discriminar entre pública o privada (Genius et al, 2006; Defrancesco et al, 2008; He et. al. , 2008; Diederer et al, 2003).

Las políticas constituyen un factor importante para el caso de países en desarrollo pues influyen en todos los niveles sobre la adopción y difusión de sistemas agrícolas sostenibles como lo señala Lee (2005).

Por último, según lo mencionan Knowler y Bradshaw, 2007, se debe añadir más énfasis a las características particulares locales más que las estructurales. De aquí se puede concluir que son las características locales las que influyen en la adopción y que no se puede generalizar los factores de adopción a diferentes zonas, sino que distintos factores pueden influir en la adopción de tecnologías en diferentes zonas. Sin embargo, los determinantes empleados sirven de referencia a tener en cuenta que debe ser validada en cada caso.

En general todos los trabajos coinciden en la importancia de conocer los factores determinantes de tecnologías limpias para la toma de decisiones. El hecho que los determinantes de la adopción sean variables no sólo estructurales sino también variables actitudinales denota una mayor sustentabilidad en tanto pueden adoptar tecnologías no sólo aquellos con mayores ingresos sino también aquellos que reciben asistencia técnica. La toma de decisiones constituye el diseño y la implementación de políticas relacionadas a la promoción de tecnologías limpias (que incluye las prácticas orgánicas) como estrategia de desarrollo local sustentable ya que se asume que son más amigables con el medio ambiente, que implica obtener mejores precios de venta, articulación social, generación de redes sociales y una dinámica local importante.

Esta investigación toma algunos alcances de los trabajos revisados. Por ejemplo se agrupa a las variables explicativas de la adopción en dos segmentos: i. las estructurales o socioeconómicas: relacionadas a edad, educación, tamaño de familia, experiencia en el cultivo de café, extensión de terreno, posesión de títulos de propiedad, extensión de terreno dedicado destinada al café, ingresos y ii. Las actitudinales: centradas en las percepciones sobre problemas ambientales y las

¹² Pinedo, D, 2006. "Acción Colectiva en los Andes: Comunidad y Conservación en la Cordillera Huayhuash". En este trabajo se demuestra que la eficacia de la comunidad para aplicar las reglamentaciones de conservación depende de la moralidad de las relaciones de reciprocidad y del poder de individuos y grupos para manipular estas normas de acuerdo a sus intereses. Por otro lado, el estudio Restauración agrícola en los Andes: aspectos socio-económicos de la rehabilitación de terrazas en regiones semi-áridas de Rodríguez A, Kendall A, 2001, reafirman esta relación entre capital social y adopción de tecnologías limpias.

actitudes frente a la innovación (decisión de acceder a información, acceso a servicios de extensión, fuentes de información, valoración de información, entre otras.

Cuadro 1.3. Listado de estudios sobre factores explicativos de la adopción de tecnologías limpias en la agricultura.

No	Autor/Año	País	Tecnología	Factores explicativos de la adopción	Resultados
1	D'Souza et al, (1993)*	Estados Unidos	Agricultura orgánica	Características de capital humano (edad y educación), variables estructurales y financieras (tamaño de granja, ratio pasivo/activo, trabajo no agrícola, mano de obra asalariada), características institucionales (participación en programas de gobierno) y características ambientales (calidad del agua subterránea).	La edad (inversamente) y educación (directamente) explican significativamente la adopción no en cambio las características estructurales (con excepción del empleo no agrícola). Las variables ambientales referidas a información sobre problemas ambientales son decisivas para la adopción de tecnologías sostenibles.
2	Arellanes y Lee (2003)*	Honduras	Labranza mínima	Características del productor (edad, experiencia como productor, educación, ingreso anual del hogar) y variables del cultivo (probabilidad de adopción de labranza mínima, contar con riego, ser dueño de las tierra de cultivo, pendiente del terreno, percepción del agricultor sobre calidad de la tierra.	Las características del hogar de los agricultores no representan una gran influencia sobre la adopción. Los ingresos del hogar no constituyen un factor determinante de la adopción, lo que sugiere que la labranza mínima es una tecnología apropiada para las familias de escasos recursos.
3	Genius et al, (2006)**	Grecia	Tecnologías orgánicas	Edad, decisión de adquirir información, acceso a información, fuentes de información.	Decisión de adquirir información y el acceso a información influyen fuertemente en la adopción de tecnologías. Las fuentes de información cumplen un papel complementario en la decisión de adquirir información.
4	Perret y Stevens (2006)***	Africa Meridional	Tecnologías de conservación de agua	Variables socioeconómicas, derechos de propiedad (la manera en que una comunidad y sus miembros acceden y usan los recursos naturales y las reglas que son establecidas) y la acción colectiva.	Los derechos de propiedad y la acción colectiva explican de manera significativa la adopción.
5	Defrancesco et al (2008)***	Italia (zonas rurales)	Medidas agroambientales	Variables estructurales (socioeconómicas), entorno cultural, herramientas de información y comunicación (fuentes de información)	En oposición a otros estudios, los agricultores más jóvenes y más educados son los más reacios. La información y fuentes de información son importantes por ello las políticas de servicios de extensión deben ser promovidas.
6	He et. al. (2008)*	China (norte)	Rotación de cultivos	Características estructurales (Edad, educación, tamaño de finca, tamaño de la familia, el número de rumiantes de propiedad), actitud de los agricultores hacia la tecnología, características de la finca (pendiente del terreno, prácticas de barbecho). contacto con agencias de extensión, acceso al crédito y a la capacitación.	No todas las variables estructurales tienen importantes efectos sobre la adopción. El análisis también mostró que la percepción de los agricultores sobre el problema de la erosión del suelo se correlaciona positivamente con la adopción. La adopción fue mayor para los agricultores que tenían contacto con agencias de extensión, acceso al crédito y a la capacitación.

7	Davies y Hodge (2006),***	Reino Unido	Biodiversidad	Factores actitudinales y factores estructurales	Los factores actitudinales (orientación a la gestión y creer en la tecnología) son más importantes que los factores estructurales.
8	Ajayi, (2007)***	Zambia	Barbecho mejorado	Conocimiento de los agricultores, las actitudes y percepciones de la fertilidad del suelo y problemas de seguridad alimentaria, características como tamaño de tierra, disponibilidad de derechos de propiedad de semillas.	Más allá del desarrollo de la tecnología en sí, es necesario comprender las preferencias de los agricultores y otros temas como el contexto dentro del cual la tecnología se espera que se adopte (con énfasis en las percepciones y actitudes del agricultor). Las características técnicas son condiciones importantes, pero no exclusivas para la adopción de buenas prácticas agrícolas.
9	Diederer et al, (2003)***	Holanda	Nueva tecnología en general	Características estructurales del productor (tamaño de la finca, edad, acceso al mercado, ingresos) y variables relacionadas al comportamiento (actitud con respecto a la innovación, valoración de la fuente de información interna y externa, fuente de ideas innovadoras, forma de cooperación, actitud por proteger propiedad intelectual y existencia de actividades de seguimiento).	Los innovadores se diferencian de los primeros en adoptar con respecto a las características de comportamiento, tales como la valoración de la fuente de información externa, la fuente de ideas innovadoras y la forma en que cooperan.
10	Lee (2005)***	Países en desarrollo	Prácticas orgánicas	Políticas sobre precios agrícolas, subsidios para fertilizantes (relación inversa con la adopción), costos de transacción, infraestructura rural (transportes, comunicaciones y mercado).	Las políticas constituyen un factor importante para el caso de países en desarrollo pues influyen en todos los niveles sobre la adopción y difusión de sistemas agrícolas sostenibles
11	Knowler y Bradshaw (2007),***	Países en general	Agricultura de conservación	VARIABLES DE USO COMÚN Y VARIABLES CONTEXTUALES DIFERENTES (por ejemplo, lugar de estudio)	Pocas o ninguna de las variables universales suelen explicar la adopción. Por lo tanto, los esfuerzos para promover la agricultura de conservación tendrán que ser adaptados para que puedan reflejar las condiciones locales.

Fuente: Elaboración propia

*Modelo Logit

** Modelo Probit

*** No se menciona

Se concluye que para analizar la sustentabilidad de la innovación tecnológica de agricultura convencional a agricultura orgánica hay que tener en cuenta cuatro criterios: i. La productividad, que puede verse disminuida con la agricultura orgánica, sin embargo no en condiciones climáticas extremas; ii. La calidad ambiental, la evidencia muestra que los indicadores ambientales son mejores para el caso de la producción orgánica, sin embargo son mediciones parciales y cualitativas. iii. La producción orgánica permite obtener un sobreprecio a los agricultores que evidencia una mayor disposición a pagar por parte de los consumidores, sin embargo no queda claro si este sobreprecio responde a los atributos privados (salud) o públicos del producto. iv. Los determinantes de la innovación tecnológica son diversos, sin embargo las variables actitudinales y de percepción sobre problemas ambientales cobran relevancia sobre las variables estructurales. Entre las percepciones sobre problemas ambientales y las actitudes frente a la innovación se encuentran la decisión de acceder a información, acceso a servicios de extensión, fuentes de información, valoración de información, entre otras. El hecho que los determinantes de la adopción sean variables no sólo estructurales sino también variables actitudinales denota una mayor sustentabilidad en tanto pueden adoptar tecnologías no sólo aquellos con mayores ingresos sino también aquellos que reciben asistencia técnica.

Para establecer un balance entre estos cuatro criterios puede emplearse la medición de beneficios o ingresos netos. Ante la disminución de la productividad y los sobreprecios el resultado podría ser incierto y dependería de las particularidades del producto, de la zona de estudio, sin embargo como ya se ha mencionado para Altieri, 1994, la agricultura orgánica presenta mejores indicadores en los aspectos no sólo ambientales sino también económicos y sociales (como se mostró en el cuadro 1.1).

Asimismo, *International Fund for Agricultural Development* (IFAD), 2003, realiza un estudio sobre la adopción de agricultura orgánica en América Latina y busca medir si el paso a agricultura orgánica es sustentable¹³. Se encuentra que el paso a la producción orgánica tiene impactos positivos en los ingresos de los pequeños agricultores en todos los casos estudiados; sin embargo la sustentabilidad implica no solo incremento de ingresos sino otros factores como la capacidad de mantener los mismos o mejores rendimientos y de la evolución de los precios futuros de productos orgánicos. En el cuadro 1.4 se puede constatar que para algunos productos en países de América Latina los rendimientos de los cultivos convencionales son mayores que los orgánicos (como el caso de la caña de azúcar), sin embargo en el caso del café para México, el orgánico presenta mayor rendimiento que el convencional, similar al caso de café en Guatemala. Asimismo, se observa que para todos los casos, los productos orgánicos tienen un mayor

¹³ Se realizó una comparación de los costos de producción, los rendimientos, precios e ingresos netos de los productores orgánicos y convencionales con características similares. La comparación estuvo basada en información recolectada de una muestra aleatoria, donde los productores seleccionados, fueron entrevistados en forma abierta, y la mayoría de los casos incluyeron visitas de campo a las tierras de cultivo. El análisis se basó en una comparación de los rendimientos medios y los costos de producción que enfrentan el mismo grupo de productores antes y después de la adopción de técnicas orgánicas, así como una comparación entre los productores ecológicos y los convencionales con características similares en la región.

nivel de precios, los cuales están asociados en parte a mayores costos de producción.

El estudio de IFAD (2003) concluye además que no todos los pequeños agricultores tienen las mismas oportunidades para pasar a una exitosa producción orgánica. La posibilidad de éxito estará fuertemente influenciada por las características de los pequeños agricultores, incluyendo las tecnologías y sistemas de producción previamente aplicados, la naturaleza de los acuerdos de tenencia de la tierra y las características del hogar. Por último, señala que si las políticas y proyectos hacen que la agricultura orgánica crezca demasiado rápido, los nuevos productores orgánicos pueden ser afectados por la caída de precios. Por último, un criterio importante es que no se puede dejar de descontar los costos ambientales a la agricultura convencional.

Cuadro 1.4 Comparación entre agricultura convencional y orgánica en rendimientos, precios y costos de producción para cultivos de América Latina y el Caribe, 2003.

	Rendimiento		Precios (US\$)		Costos de producción (US\$/ha.)	
	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico
Caña de azúcar (Argentina)	60 (TM/ha)	45(TM/ha)	12*	21*	562	490
Café (México)	10 (quintal/ha)	15(quintal/ha)	nd	nd	452	680
Café (Guatemala)	13(quintal/ha)	16(quintal/ha)	45**	54*	500	671
Banana (República Dominicana)	14(TM/ha)	14(TM/ha)	4.50***	5.50**	nd	nd

Fuente: Adaptado de IFAD, 2003

*US\$ por ha.

**US\$ por quintal

*** US\$ por Caja de 18 Kg.

1.3 Sustentabilidad y eficiencia económica

Como se ha visto, el concepto de sustentabilidad ha quedado en la etapa declarativa y no se ha hecho operativo debido principalmente a la dificultad de traducir los aspectos ideológicos de la sustentabilidad en la capacidad de tomar decisiones. Esto se debe a la ambigüedad, poca funcionalidad y característica multidimensional del concepto (económica, ecológica, social) y la ausencia de parámetros comunes de evaluación junto con el uso de herramientas y metodologías adecuadas para su medición.

La medición puede realizarse por indicadores parciales o bien por índices (marcos de indicadores). La desventaja de emplear indicadores parciales está en el hecho de que las asociaciones entre las diferentes dimensiones de sustentabilidad (ambiental, económica, social e institucional) no están reflejadas a través de dichos indicadores, lo que sí sucede en el caso de los índices. Adicionalmente, como ésta investigación se centra en el análisis de la sustentabilidad de tecnologías, entendiéndose como tecnologías a la producción convencional y orgánica (o ecológica), conviene discutir cómo medir la sustentabilidad de las mismas a través de un índice adecuado.

Medir la sustentabilidad de tecnologías a su vez supone dos enfoques: la medición per se (de determinada tecnología), que requiere una respuesta categórica y la medición comparativa (entre dos o más tecnologías). Así emplear un índice de sustentabilidad que permita la comparación entre tecnologías sería lo más apropiado. El problema entonces sería determinar cuál es el mejor índice para medir la sustentabilidad.

La sustentabilidad implica un manejo de los recursos de tal forma que su abundancia y calidad a largo plazo sea asegurada para las generaciones futuras. Según este concepto, el objetivo de alcanzar un desarrollo sostenible sería un asunto de equidad intergeneracional, sin embargo, también es un problema de eficiencia económica, pues reducir la cantidad de recursos naturales (inputs) “por unidad de satisfacción” (outputs) ayudará a reducir la presión sobre el ambiente. Según lo anterior se puede decir que la eficiencia económica¹⁴ garantiza parcialmente la existencia de sustentabilidad. Por ello, la investigación la asume como uno de los indicadores más robustos para evaluarla, pues permite incorporar variables ambientales como factores de producción, es decir captura la asociación entre aspectos económicos y ambientales.

Se han encontrado dos trabajos de investigación que miden la sustentabilidad a través de la eficiencia económica. Independientemente del método que emplean para medirla, ya sea Análisis Envolvente de Datos-AED o Frontera de Estocástica de Producción-FEP, (sobre los que se discutirá en el capítulo II), buscan establecer la asociación entre el uso aspectos económicos y ambientales.

¹⁴ Koopmans (1951), dio la primera definición de **eficiencia productiva**, centrándose en la eficiencia técnica, afirmando que una combinación de *inputs* y *outputs* es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún *output* y/o reducir algún *input* sin reducir simultáneamente al menos otro *output* y/o al menos otro *input*. Debreu (1951), propuso el término de **eficiencia técnica** y cómo medirla a través de la construcción de un índice al que llamó “coeficiente de utilización de los recursos”, haciendo referencia a la máxima reducción posible de los *inputs* que puede conseguirse para un nivel dado de *outputs*. Farrell (1957), tomando referencia a Koopmans (1951) y Debreu (1951), añade la eficiencia técnica bajo un nuevo concepto, **la eficiencia asignativa**, denominándolo eficiencia en precios (cuando el objetivo de la empresa es la minimización de costos). Esta eficiencia consiste en elegir, entre las combinaciones de *inputs* y *outputs* técnicamente eficientes, aquella que resulta más barata según los precios de los *inputs*. Según Farrell (1957), **la eficiencia económica** es el producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

El primer trabajo es el de Arandía y Aldanondo, en el 2007, quienes investigaron la eficiencia técnica y medioambiental de las explotaciones vinícolas ecológicas y las convencionales con el objetivo de analizar y comparar la eficiencia de la producción de uva teniendo en cuenta el impacto ambiental que generan ambas técnicas. Las explotaciones ecológicas aparecen como más eficientes que las convencionales en todos los casos o escenarios: i. Sin considerar costos ambientales, ii. Considerando costos ambientales, iii. Tomando precios de convencionales y orgánicos y iv. Tomando solo precios de convencionales. Concluyen que para el primer escenario esto se debe a que hay un esfuerzo de adaptación que mejora la productividad de los factores y que se trata de agricultura de secano en la que los rendimientos de fertilizantes y pesticidas son menores que en las de regadío; los resultados para el segundo escenario son razonables y por último que el efecto del precio sobre la eficiencia es significativo cuando esta se mide sin considerar el impacto ambiental y no lo es cuando se incluyen estos, es decir el efecto de la mejora ambiental que introduce la agricultura ecológica parece superar por lo tanto al sobreprecio.

El segundo trabajo, Cabrini, Calcaterra y Lema (2011) determinaron el nivel de eficiencia de la producción agrícola en la zona Pergamino (Argentina) para los productos del maíz, trigo y soja, considerando los efectos de los servicios ambientales. Si bien no se menciona la medición de la sustentabilidad a través de la eficiencia económica, se incorpora el concepto de servicios ambientales y se incluye su cuantificación dentro de la eficiencia. Los servicios ambientales considerados son los costos y beneficios relacionados al balance de nutrientes del suelo, materia orgánica y la erosión del suelo. Los resultados indican que la actividad agrícola se desarrolla con un alto nivel de eficiencia en la zona de estudio. Se estimó un nivel de eficiencia promedio del 85%. Si bien este valor implica la posibilidad de aumentar un 15% la producción para un mismo nivel de insumos, es un valor elevado si se lo compara con mediciones realizadas en otros sistemas agrícolas extensivos. No se detectaron relaciones significativas entre el nivel de eficiencia, y el nivel de educación, la edad de los responsables de las empresas y la proporción de tierra propia.

A partir de estos estudios, es recomendable medir la eficiencia económica en distintos escenarios que permitan contrastar los resultados con variables ambientales y sin variables ambientales así como para eliminar el diferencial por precios. También se puede verificar que las variables ambientales pueden ser incorporadas como outputs indeseables o como inputs y también pueden considerarse como cantidades (físicas) o ser valoradas económicamente por distintos métodos de valoración económica. Mayor detalle de ambos estudios referidos en el cuadro 1.5.

Cuadro 1.5 Estudios relacionados a determinación de la sustentabilidad a través de eficiencia económica.

No	Autor/Año	País	Producto	Variables	Resultados/conclusiones
1	Arandia y Aldanondo (2007)*	España	Viñedos	Variable dependiente: Ingreso total; Variables explicativas: tierra, trabajo, capital, fertilizantes; Variables ambientales: exceso de nitrógeno en el suelo (Kg) y un Índice de impactos de pesticidas.	Las explotaciones ecológicas son más eficientes que las explotaciones convencionales en todos los escenarios. i. sin considerar costos ambientales, ii. considerando costos ambientales, iii. tomando precios de convencionales y orgánicos y iv. Tomando solo precios de convencionales.
2	Cabrini, Calcaterra y Lema (2011)+	Argentina	Maíz, trigo y soja	Variable dependiente: valor neto de la producción de trigo; variables explicativas: superficie total destinada a maíz y soja, gasto total en mano de obra para maíz y soja, el gasto total en semillas y agroquímicos para maíz y soja, gasto total en fertilizantes para maíz y soja y el costo ambiental total para maíz, trigo y soja; Servicios ambientales: costos y beneficios relacionados al balance de nutrientes del suelo, materia orgánica y la erosión del suelo.	La actividad agrícola se desarrolla con un alto nivel de eficiencia en la zona de estudio. Se estimó un nivel de eficiencia promedio del 85%. Si bien este valor implica la posibilidad de aumentar un 15% la producción para un mismo nivel de insumos, es un valor elevado si se lo compara con mediciones realizadas en otros sistemas agrícolas extensivos. No se detectaron relaciones significativas entre el nivel de eficiencia, y el nivel de educación, la edad de los responsables de las empresas y la proporción de tierra propia.

Fuente: Elaboración propia.

* AED: 1, 2 y 3

+ FEP: 4

Por otro lado, existe abundante literatura relacionada a la medición de la eficiencia no necesariamente vinculada a la medición de la sustentabilidad pero que sin embargo es pertinente revisar. El cuadro 1.6, se detalla el total de literatura encontrada para la medición de la eficiencia, con distintos métodos de medición.

Gastaldi, Galetto y Lema (2007), realizaron un estudio para medir la eficiencia técnica de la leche en Argentina en zonas no muy óptimas para la producción (áreas con restricciones edáficas y climáticas). Lo interesante es que la mayor parte de trabajos sobre la eficiencia técnica están referidos a zonas en donde la producción es óptima, sin embargo el trabajo se centra en una zona donde las condiciones climáticas y edáficas la restringen; siendo similar a la situación en la región Piura, donde la zona cafetalera no presenta condiciones naturales óptimas

como sí las tiene la selva peruana. Si bien el trabajo se centra en zonas con problemas climáticos para la producción, no presenta entre las variables de ineficiencia alguna referida a clima o a condiciones agroecológicas. Por ello, los mismos autores mencionan que sería útil incluirlas además de medir eficiencia asignativa y posteriormente la económica para tener una idea más precisa de la eficiencia en la zona.

Álvarez et al en el 2007 realizan un estudio para medir las diferencias en costos de producción asociados con la intensificación productiva de explotaciones lecheras en Asturias (España). Los resultados obtenidos muestran claramente la existencia de una relación positiva entre intensificación productiva y eficiencia.

Por su parte Xiaosong y Scott en 1995, buscaron medir la eficiencia económica (técnica y asignativa) del arroz híbrido y el convencional en una zona óptima para la producción. Encontraron diferencias significativas entre la eficiencia del arroz híbrido y convencional.

Jaime y Salazar en el 2009, midieron la eficiencia técnica de los pequeños agricultores de trigo de la Región del Bío Bío (Chile) para indagar si existe una relación entre el capital social, medido a través de la participación en organizaciones, y los niveles de eficiencia técnica. Los resultados sugieren que la edad, nivel de educación, tamaño del productor, grado de especialización, tecnología y zonas agro-climáticas, explican significativamente los niveles de eficiencia técnica. Especial importancia cobra la participación en organizaciones en el mejoramiento de los niveles de eficiencia técnica, principalmente en el caso de territorios que presentan rendimientos más bajos y dispersos, y en particular, para el caso de las cooperativas.

Torres y Vergara (2005) realizan un estudio para medir el impacto socioeconómico de los procesos de desertificación y degradación en Chile. Se encuentra que la desertificación del terreno es un factor que afecta positiva y significativamente a la ineficiencia del proceso productivo.

Covelli et al en el 2010, midieron la eficiencia técnica, para el caso de agua y saneamiento sobre una muestra en América Latina. Este trabajo incluye variables ambientales las cuales son definidas como aquellas que miden factores externos que pueden influir sobre el desempeño relativo de las empresas, sobre las cuales éstas no tienen control, se señala además que pueden incluir conceptos diferentes como características geográficas y de localización, propiedades de la prestación (como la fuente), el volumen de pérdidas, el porcentaje de agua subterránea sobre el total de fuentes y un indicador de densidad poblacional por kilómetros de red de agua. Según se menciona, la relación entre productos e insumos constituye el corazón del modelo y debe ser aceptada aún cuando las variables no sean significativas, porque tienen un fundamento teórico; las variables ambientales, en cambio, tienen un carácter empírico y la significancia estadística dicta su permanencia o no en el modelo final.

Adicionalmente, los estudios revisados sobre la eficiencia económica (técnica y asignativa) del sector agrícola, han empleado principalmente como variables explicativas a los insumos (mano de obra, fertilizantes, maquinaria agrícola, tecnología) y como variables explicativas asociadas a la ineficiencia (término estocástico) a diversos factores socioeconómicos (inclusive relacionadas al capital social o pertenencia a organizaciones de productores) y ambientales usando variables cualitativas como cuantitativas (valoración económica de servicios ambientales por ejemplo). Independientemente de cuál sea el método empleado (FEP o DEA), todos los trabajos coinciden en la importancia de conocer la eficiencia económica o técnica para la toma de decisiones. Esta toma de decisiones constituye el diseño y la implementación de políticas que se orienten a fortalecer aquellas variables que se relacionan significativamente a la eficiencia técnica y económica. Así se pueden mencionar los estudios de Bailey et.al (1989), Curtiss (2000), Karagiannis y Vangelis (2001), Sriboonchitta y Wiboonpongse (2004), Sipilainen y Lansink (2005) e Idiong (2007). El cuadro 1.6 detalla el total de literatura encontrada para la medición de la eficiencia, con diversos métodos.

Cuadro 1.6. Relación de estudios relacionados a determinación de eficiencia económica en el sector agrícola.

No	Autor	País	Producto	Indicador de desempeño	Función/ Especificación del modelo	Resultados
1	Bailey et.al (1989) *	Ecuador	Leche	Eficiencia Técnica, Eficiencia Asignativa y Economías de Escala	Cobb-Douglas /Frontera de producción estocástica	Se encontró que las granjas grandes y medianas son más eficientes en términos de asignación, que las pequeñas granjas como grupo. Se encontró ineficiencia técnica en un 11.8% – 12.8%.
2	Schilder y Bravo – Ureta (1993) *	Argentina	Leche	Eficiencia Técnica	Cobb-Douglas /Frontera de producción estocástica	Se obtuvo una alta eficiencia técnica para la muestra, donde los ingresos de los productores lecheros podrían incrementarse mediante la expansión en las operaciones.
3	Sonnet (1995)	Argentina	Microzoma Agrícola	Eficiencia Técnica y Economías de Escala	Rayo homotética /Función de producción	Se encontraron diferentes niveles de eficiencia para las muestras estudiadas en diferentes países (Brasil y Argentina).
4	Xiaosong y Scott (1995) *	China	Arroz híbrido y convencional	Eficiencia Técnica y Eficiencia Asignativa	Cobb- Douglas/ Dos frontera de producción estocástica	Se muestran diferencias significativas en la eficiencia técnica y asignativa entre la producción de arroz convencional e híbrido.
5	Curtiss (2000)*	Republica Checa	Agricultura	Eficiencia Técnica y Eficiencia Asignativa	Cobb- Douglas/ Frontera de producción estocástica	Se encontró que la agricultura en cooperativas es inherentemente menos eficiente, para todo tipo de agricultura, en comparación con las granjas familiares.
6	Karagiannis y Vangelis (2001)*	Grecia	Olivo	Eficiencia Técnica, Eficiencia Asignativa y Economías de Escala	Cobb- Douglas/ Fronteras de producción	El crecimiento de la producción se atribuye al tamaño del efecto, al cambio técnico, a los cambios del input en la ineficiencia técnica y asignativa, y el efecto de escala.
7	Sriboonchitta y Wiboonpongse (2004)*	Tailandia	Jasmine rice y Non-Jasmine rice	Eficiencia Técnica	Cobb- Douglas/ Fronteras de producción estocástica	Se encontró que afectan la ineficiencia técnica en la producción de arroz en forma indirecta, es el ratio de trabajo y la experiencia.

8	Torres y Vergara (2005)*	Chile	Desertificación y degradación	Eficiencia Técnica	Cobb- Douglas/ Fronteras de producción estocástica	Se encuentra que la desertificación del terreno es un factor que afecta positiva y significativamente a la ineficiencia del proceso productivo.
9	Sipilainen y Lansink (2005)*	Finlandia	Leche	Eficiencia Técnica	Cobb-Douglas y Translog/ Frontera de producción estocástica	Los resultados revelan que la producción orgánica es menor en eficiencia técnica que la producción convencional.
10	Gastaldi, Galetto y Lema (2007) *	Argentina	Leche	Eficiencia Técnica	Cobb- Douglas/ Fronteras de producción estocástica	Encontraron los factores que influyen para mejorar la eficiencia técnica en la producción de leche.
11	Álvarez, Corral, Pérez y Solís (2007)*	España	Leche	Eficiencia Técnica	Translog/ Frontera de costos	Los resultados obtenidos muestran claramente la existencia de una relación positiva entre intensificación productiva y eficiencia.
12	Idiong (2007)*	Nigeria	Arroz	Eficiencia Técnica	Frontera de producción estocástica	Los resultados muestran que la educación, asociaciones y el acceso al crédito influyen de manera positiva en la eficiencia técnica.
13	Jaime y Salazar (2009)*	Chile	Trigo	Eficiencia Técnica	Coob-Douglas y Translog/ Frontera de producción estocástica	Aquí se muestra que la edad, educación, la especialización, tecnología son capaces de explicar los niveles individuales de eficiencia técnica.
14	Covelli, Ferro y Romero (2010) **	América Latina	Empresas de servicios de agua y saneamiento	Eficiencia Técnica	Translog/ Frontera de producción (Determinística – Estocástica)	Los resultados indican que las ineficiencias varían en el tiempo y son posibles de controlar por las firmas (efectos aleatorios).
15	Perdomo y Hueth (2010)**	Colombia	Café	Eficiencia Técnica	Translog/ Frontera de producción estocástica	Los resultados son utilizados para analizar y calcular las economías a escala por unidad cafetera, así como de evaluar la eficiencia técnica.

Fuente: Elaboración propia

*SFA: Análisis de frontera estocástica

**DEA: Método no paramétrico Análisis Envolvente de Datos

***DFA: análisis paramétrico determinístico

Por último, existen algunos estudios que analizan la eficiencia técnica del agua. Karagiannis et al. (2003) analizó el nivel de eficiencia en el uso de agua agrícola en un estudio para el cultivo de hortalizas fuera de estación en Creta, Grecia. Los resultados del estudio permitieron conocer los niveles de eficiencia para dicho cultivo, el cual alcanzó un nivel de 70.17 por ciento en eficiencia técnica de producción. Sin embargo, la eficiencia en el uso de agua agrícola logró un nivel de 47.20 por ciento únicamente, lo que permitió demostrar que una adopción de tecnología de riego no necesariamente presupone un alto nivel de eficiencia en agua, sino que depende también de un buen manejo del mismo.

El estudio también demostró que los factores explicativos de ambos niveles de eficiencias son las innovaciones tecnológicas, las *tecnologías verdes* y la educación.

Asimismo, el estudio de Dhehibi (2011), quien realiza un análisis de eficiencia en el uso de agua en la producción de cítricos en Túnez. Se basó en el modelo propuesto por Karagiannis (2003), y encontró que a nivel output el nivel de eficiencia técnica era 67.73 por ciento, sin embargo, demostró que el mismo comportamiento no ocurre en la eficiencia técnica para el uso de agua, hallándose un eficiencia técnica media de 53 por ciento, pudiéndose entonces afirmar que los niveles de producción pueden mantenerse haciendo un menor uso (47 por ciento) de agua irrigada, *ceteris paribus*.

Shen (2012), aplicó la misma metodología de Karagiannis en el análisis de eficiencia técnica en la producción de arroz en Basin, India. Para ello, analizó los niveles de eficiencia técnica en el uso de agua y de fertilizantes, encontrándose además que a nivel output orientado el nivel de eficiencia técnica hallado fue de 91.03 por ciento, que en comparación al hallado para el nivel de eficiencia en el uso de agua se obtuvo 16.9 por ciento. El estudio permitió demostrar entonces que a pesar que a nivel output se es eficiente en la región de estudio, a nivel input orientado, la eficiencia técnica en el uso de agua es baja, pero el output es compensado por la eficiencia técnica en fertilizantes y mano de obra.

En síntesis, se puede afirmar sobre la **sustentabilidad en la agricultura** que: i. abarca tres grandes componentes: económico, social y ambiental. ii. debe ser medida bajo un criterio comparativo, por ejemplo para el caso de una tecnología o innovación tecnológica, no se puede afirmar que ésta sea sustentable per se, sino que es necesario compararla con otra innovación (o con una situación sin innovación) para poder afirmar la existencia de mayor o menor sustentabilidad, iii. La medición (comparativa) puede realizarse a través de indicadores parciales o índices que capturen la complejidad del concepto (económico, social ambiental). Ambos criterios presentan ventajas y desventajas, sin embargo la ventaja de emplear índices es que permiten capturar las asociaciones entre las diferentes dimensiones de sustentabilidad (ambiental, económica, social e institucional). iv. es importante tener en cuenta los aspectos de tiempo y escala en la medición y, v. las tecnologías como la agricultura orgánica podrían ser más sustentables que las convencionales, siempre y cuando, se tenga en cuenta el tiempo, la escala y el

contexto. vi. Uno de los principales retos para medir la sustentabilidad es contar con indicadores robustos con metodologías comprobadas.

Con respecto a la **sustentabilidad e innovación tecnológica** de agricultura convencional a agricultura orgánica se puede mencionar que: i. la productividad, puede verse disminuida con la agricultura orgánica, sin embargo no en condiciones climáticas extremas; ii. la evidencia muestra que los indicadores ambientales son mejores para el caso de la producción orgánica, sin embargo son mediciones parciales y cualitativas. iii. La producción orgánica permite obtener un sobreprecio a los agricultores que evidencia una mayor disposición a pagar por parte de los consumidores, sin embargo no queda claro si este sobreprecio responde a los atributos privados (salud) o públicos del producto. iv. los determinantes de la adopción de tecnologías limpias pueden agruparse en variables estructurales (como ingresos, acceso a crédito y tipo de propiedad) y variables actitudinales (como acceso a servicios de asistencia técnica, propensión a innovar, entre otras). El que los factores determinantes de la adopción sean no sólo las variables estructurales sino también las actitudinales denota una mayor sustentabilidad en tanto pueden adoptar tecnologías no sólo aquellos con mayores ingresos sino también aquellos que reciben asistencia técnica.

Con respecto a la **sustentabilidad y la eficiencia económica** se puede concluir que: i. la investigación asume a la eficiencia económica como un índice (que a diferencia de los indicadores parciales) permite capturar las asociaciones entre las diferentes dimensiones de sustentabilidad (ambiental, económica, social e institucional). ii la eficiencia económica garantiza parcialmente la existencia de sustentabilidad, por ello, la investigación la asume como uno de los indicadores más robustos para evaluarla, pues permite incorporar variables ambientales como factores de producción, es decir captura la asociación entre aspectos económicos y ambientales. iii. Las variables ambientales pueden ser incorporadas (en la medición de la eficiencia económica) como outputs indeseables o como inputs y también pueden considerarse como cantidades (físicas) o ser valoradas económicamente por distintos métodos de valoración económica.

1.4 El café convencional y orgánico: determinantes de la adopción y eficiencia económica en el Perú

El sector agropecuario es la actividad económica tradicional del Perú, que representa el 80% de la provisión de alimentos para la población, y ha contribuido al PIB nacional de 6.1% en el 1980 a 7.8% en el 2009, siendo este un aporte significativo.

Según, el último Censo Nacional 2007, existe más de dos millones de productores agropecuarios (ocupando el 21% de la Población Económicamente Activa-PEA), distribuidos un 67% en la sierra, el 20% en la selva y el 13% en las zonas rurales de la costa peruana; a nivel social esta actividad funciona como fuente de empleo

para los trabajadores de familias rurales no remuneradas, y que aportan su fuerza laboral para generar los ingresos en el hogar.

El PIB agropecuario ha ido evolucionando de manera ascendente en los últimos 20 años como se muestra en el anexo 1.1, pasando de US\$ 6,400 millones en 1990 a US\$ 15,000 millones en el año 2009.

En este sector, el café es uno de los principales productos de exportación (junto con el espárrago, alcachofa, uvas y mango). El aporte de este producto a las exportaciones de productos agrícolas se ha incrementado del 55% en 1990 a más del 90% para el año 2009, en el anexo 1.2 se observa la evolución del café junto con las exportaciones agrícolas.

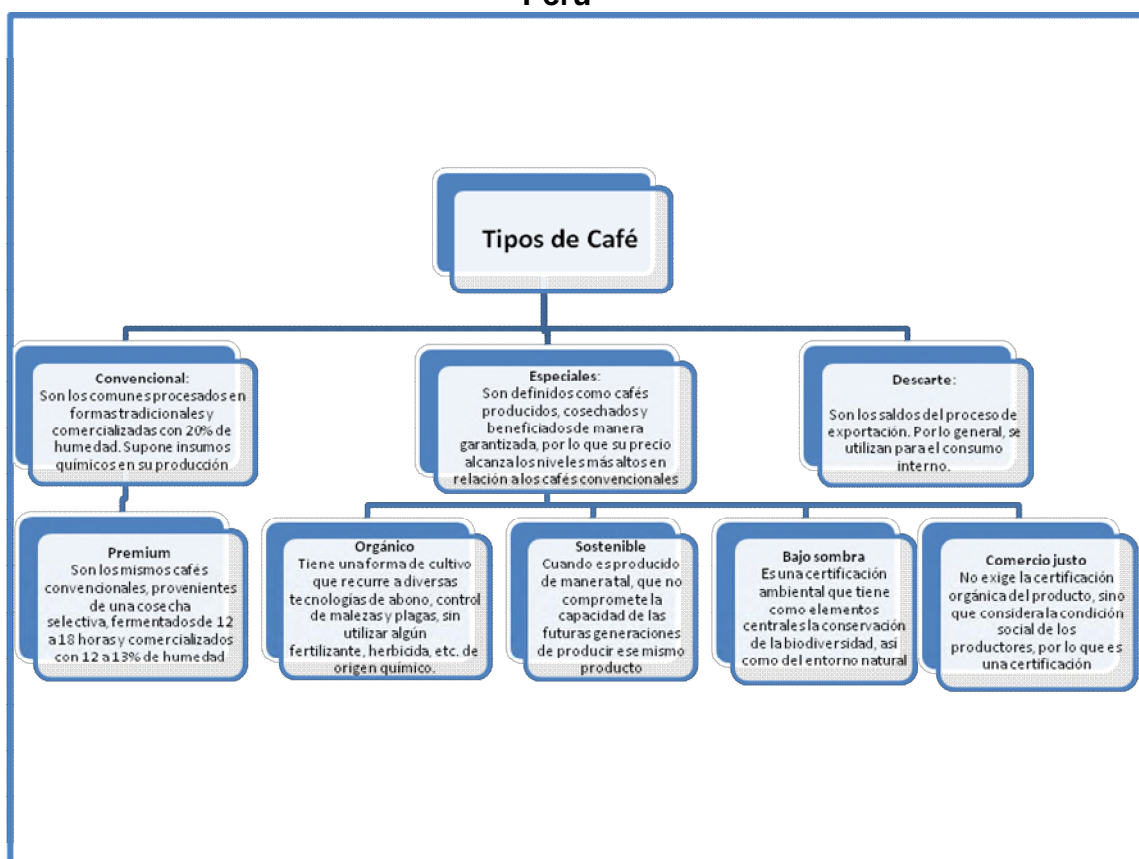
El café es producido en diversos territorios a nivel nacional, destacando los departamentos de Cajamarca, Cuzco y Junín como los de mayor producción (concentran más del 50% de la producción total). En el anexo 1.3 se puede observar que si bien el departamento de Piura es una zona productora de café no es la más importante en el Perú, pudiéndose establecer zonas geográficas de producción como norte, sur, oriente y centro¹⁵, con características de producción y niveles tecnológicos diferenciados. La mayoría de los productores de café se encuentran asociados a diversas cooperativas cafetaleras que pertenecen a su vez a la Junta Nacional del Café con representatividad a nivel nacional.

En el Perú se cultivan diversas especies de café, pero la principal es la arábica con una campaña de ciclo anual que se divide generalmente en cuatro etapas bien definidas de la cadena productiva: floración, cosecha, despulpado y secado¹⁶. Cuando el café alcanza la etapa de cosecha se le denomina café cerezo, cuando alcanza la etapa de secado recibe el nombre de café pergamino, cuando sigue una etapa más al secado denominada pilado, se le llama café verde y muy pocas veces llega a la etapa de tostado en el que se denomina café tostado. Adicionalmente, según la calidad del proceso que se siga en esta cadena, los tipos de café son distintos, habiendo en el Perú hasta cuatro tipos de cafés, el convencional, el premium, los especiales y los de descarte, a su vez los del tipo especial pueden clasificarse entre cafés orgánicos, sostenibles, bajo sombra y de comercio justo, tal como se observa en la figura 1.1.

¹⁵ La zona norte comprende los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas, la zona sur, comprende los departamentos de Cusco y Puno, la zona oriente corresponde a San Martín y la zona centro a Junín, Pasco y Ayacucho.

¹⁶ El inicio de la campaña está determinado por el inicio de la temporada de lluvias, en la cual se inicia el periodo de **floración** de los cafetales. Durante la época de la **cosecha**, el grano de café llega a un grado de madurez denominado "cerezo", el cual es recolectado manualmente. Se recogen los cerezos maduros y se escogen con sumo cuidado ya que de ello depende uno de los factores importantes de la calidad de la cosecha. Luego se realiza el "**despulpado**" que consiste en quitar la cáscara del cerezo, pasando a un proceso de lavado para luego fermentar los granos, a fin de eliminar el mucílago. Se continúa con el **secado** de los granos de café, que puede realizarse mediante la exposición a los rayos del sol o en máquinas especiales de secado.

Figura 1.1: Tipos de café en el Perú



Fuente: Elaboración Propia

La superficie cosechada de café se ha incrementado en más del 100% en los últimos veinte años, pasando de 162,661 ha en 1990 a 342,622 ha el año 2009, lo cual explica el incremento de la producción tal como se aprecia en el anexo 3.4. Por otro lado se observa que el rendimiento, si bien ha mostrado algún incremento, este ha sido fluctuante en el tiempo y de manera más pronunciada en los últimos años. Para verificar, si la producción de café es explicada en mayor medida por la superficie cosechada que por el rendimiento, se realizaron las correlaciones de las variables¹⁷ las cuales arrojan que existe una alta correlación, entre producción y superficie (0.975) al igual que entre producción y rendimiento (0.953) por lo tanto se puede afirmar que el aumento en la producción cafetalera a nivel nacional se debe al incremento de ambas variables, aunque en mayor medida a la superficie (ver anexo 1.4).

El comercio de productos orgánicos a nivel mundial se ha incrementado de manera muy acelerada en los últimos años, llegando a crecer en el año 2007 a

¹⁷ Se realizaron correlaciones con coeficientes de Pearson, serie 1990-2009.

una tasa de 14%¹⁸, hecho que ha sido aprovechado por el Perú lográndose constituir en un importante exportador de esos productos¹⁹. Como se observa en el anexo 1.5, las exportaciones peruanas de productos orgánicos han tenido un crecimiento exponencial, pasando de US\$ 9,8 millones en el año 2000 a US\$ 225 millones para el año 2009, siendo el café, el principal cultivo orgánico de exportación.

La participación del café orgánico en el total de exportaciones de café, se ha ido incrementando constantemente desde el año 2000, siendo el año 2009 el 38.04% del total. Además, su valor FOB ha pasado de US\$ 13.52 millones en el año 2000 a más de US\$ 220 millones el 2009, lo cual refleja una mayor acogida del producto por parte de los mercados internacionales (anexo 1.6).

Asimismo, el grupo de los cafés especiales, que considera además del café orgánico al café para comercio justo, café premium y otros, también ha tenido una tendencia creciente desde el año 2000 hasta el año 2009, según se puede ver en el anexo 1.7.

En cuanto al precio internacional del café, este se caracteriza por ser sostenido y con tendencia al alza en los últimos cuatro años, tanto para el café convencional como para el orgánico. El precio del café orgánico se ha mantenido mayor respecto al café convencional, con una diferencia en un 30.23% para el año 2006 y en un 14.45% en el año 2009 lo cual refleja el mayor valor en el mercado internacional por el café orgánico (anexo 1.8).

Según se ha visto el café es un producto importante y dinámico en la agricultura peruana, con tendencia creciente en los últimos años en superficie, volumen, rendimiento y exportaciones, tanto para el café convencional como para el orgánico y demás cafés especiales. La mayoría de los productores cafetaleros (85% del total) son pequeños pues poseen entre 1 a 5 ha para ese cultivo. Esa característica es central debido que implica que la mayor parte de la producción se realice con un bajo nivel tecnológico (poco uso de fertilizantes, limitaciones para el manejo del cultivo), y la según la Junta Nacional del Café la calidad del café en el Perú, posee ventajas comparativas ya que no depende del nivel tecnológico sino más bien del clima y suelo apropiados para la producción, que se constituye en un factor importante en su contribución al cambio tecnológico de producción convencional a orgánico, pues entre una y otra tecnología no hay muchas diferencias en cuanto al uso de insumos, pero si, en las prácticas agrícolas.

¹⁸Siendo las principales causas la mayor incertidumbre y preocupación de los consumidores por los alimentos así como el mayor interés y conciencia en los temas ecológicos, manejo sostenible de los recursos, cambio climático, entre otros. Según Promperú, Producción Orgánica en el Perú y sus perspectivas. Agosto – 2008

¹⁹ El Perú es el primer exportador de café orgánico, segundo en la producción de cacao orgánico, quinto en la producción de banano orgánico y el séptimo país con el mayor número de productores que implementan sistemas de producción orgánica. Según Promperú, Producción Orgánica en el Perú y sus perspectivas. Agosto – 2008.

La diferencia entre los niveles tecnológicos empleados en el Perú y comparado con otros países es significativa, lo cual se refleja en los niveles de inversión de los gobiernos en café y en el volumen de las exportaciones por país. Por ejemplo, el anexo 1.9 muestra las inversiones gubernamentales para el incremento de la producción de café en los principales países productores de América Latina, y también el porcentaje de participación de dichos países en las exportaciones totales a todo destino, para el periodo 2008/2009. Se observa que el país con mayor inversión en café es Colombia con US\$725 millones, seguido por Brasil y Guatemala con US\$ 600 y US\$ 80 millones de respectivamente. Por su parte Perú sólo presenta inversiones por un monto aproximado de US\$ 10 millones, encontrándose en el último lugar de la lista y aun por debajo de países como Ecuador, El Salvador y Honduras. Esto a pesar de ser el café, el principal producto agrario de exportación tradicional y de su gran contribución a la generación de empleos y divisas.

De otro lado, a pesar de que Colombia tiene los mayores niveles de inversión, su porcentaje de participación en las exportación mundial del café se encuentra por debajo de Brasil, quien tiene el mayor porcentaje con un 32.18%.

Con respecto al rendimiento de café (kg/ha) según país, se observa en el anexo 1.10 que para el año 2000, Costa Rica era el país con mayor rendimiento de café por hectárea con 1522.5 kg/ha, sin embargo, para el 2009 Colombia fue el país con mayor rendimiento en la producción de café con 1896.7 kg/ha, superando a países como Brasil, Costa Rica y Perú.

1.4.1 Determinantes de la adopción tecnológica del café orgánico.

Se han encontrado dos estudios que analizan los factores que influyen en la adopción de café orgánico en el caso peruano. El primero fue realizado por Novella y Salcedo (2006), quienes buscaron analizar las características que determinan la adopción de café orgánico para el caso peruano. Encontraron que los principales factores son: un mayor nivel de educación, menores niveles de aversión al riesgo, mayor grado de organización, mayor experiencia en el manejo del cultivo, menores restricciones crediticias y mayor acceso a mercados de asistencia técnica e información. Además, se encontró que el hecho de que el jefe de hogar sea mujer, la mayor educación, los años de experiencia del productor, los proveedores de asistencia técnica y el mayor grado de organización de los hogares inciden positivamente en la adopción de la tecnología orgánica. Concluyen que si bien las características de la agricultura peruana (tierras sanas) hacen que la certificación sea más accesible, la fragmentación de la tierra así como la falta de infraestructura productiva restringen el desarrollo de la agricultura orgánica. Por ello proponen la organización para que la agricultura orgánica sea eficiente y reduzca los costos de certificación y que permita afrontar situaciones adversas, ya que además permitirá que los pequeños agricultores mejoren su rentabilidad y eleven su nivel de vida. Asimismo, se cree que la implementación de un registro de productores, intermediarios, volúmenes de producción, etc., junto con un sistema de regulación es necesaria para la formulación de políticas que

apunten a expandir la producción orgánica y para el aprovechamiento de sus beneficios.

El segundo estudio, es de Tudela (2007) quién identifica los factores que influyen en la adopción de tecnología orgánica de los productores cafetaleros asociados a CECOVASA Puno-Perú. Se encontró que las cuestiones relacionadas con la salud y el grado de conocimiento sobre la agricultura orgánica motivan la adopción de tecnologías orgánicas. También se corroboró que a menor edad del productor cafetalero, mayor educación, mayor área de la chacra y mayores ingresos del productor influyen positivamente en la probabilidad de adoptar agricultura orgánica. Además, se encontró que la mano de obra familiar y los costos de producción influyen de forma negativa. Finalmente, se encontró que la motivación económica eleva la probabilidad de adoptar tecnología orgánica. Recomienda que las políticas deban ser diferenciadas según aquellos productores con mayor posibilidad de adopción (de menor edad, mayores ingresos, mayor información sobre problemas ambientales) y con menor posibilidad de adopción, ya que sus perfiles son bastante diferenciados.

1.4.2 Eficiencia económica del café

No se ha encontrado estudios sobre eficiencia en el café para el Perú²⁰, en cambio existen dos trabajos para el caso de Colombia, país con similares características a Perú pero con mayor nivel de inversión y mejores niveles de productividad. Perdomo (2007), mide la eficiencia del café en Colombia primero con el método de Análisis Envolvente de Datos y luego con Fronteras Estocásticas. Perdomo y Mendieta (2007), determinaron la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano mediante el método no paramétrico de Análisis Envolvente de Datos. El estudio manejó datos microeconómicos de caficultores pequeños, medianos y grandes en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. La eficiencia técnica promedio encontrada para pequeños fue de 3,76%, medianos de 51,71% y grandes de 60,15%. Mientras en la eficiencia asignativa la media estadística obtenida sobre las mismas unidades cafeteras, se ubicó entre 36,13%, 42,98% y 18,86%, respectivamente. Esto significa que las unidades empresariales emplean muy bien la cantidad de insumos para maximizar su producción pero no logran producir al mínimo costo, dada la presencia de un bajo grado de eficiencia asignativa. Mientras los minifundistas, los campesinos y el sector general no explotan sus factores óptimamente y tampoco llegan al menor costo en producción por tener ineficiencia técnica y asignativa.

Perdomo y Hueth (2010), estimaron la forma funcional de producción cafetera en Colombia mediante fronteras estocásticas de producción (FEP) para determinar la eficiencia técnica. Analizando la importancia de los principales insumos de la producción de café, la existencia de economías a escala en productores pequeños, medianos, grandes y sector general cafetero, ubicados en Caldas, Quindío y Risaralda. De los resultados se destaca que la función de producción cafetera de los productores tiene una forma funcional Translog minflex Laurent.

²⁰ Tampoco para otros cultivos.

Así, para pequeños, medianos y sector general de cafeteros existe ineficiencia técnica y estocástica en la actividad agrícola; los productores grandes son eficientes técnicamente aunque no estocásticamente. La medida de eficiencia técnica obtenida mediante FEP, indica que el promedio de rendimiento para el sector general es de 70%, en pequeños 70%, medianos 66% y grandes del 99%. Se concluye que, el insumo más importante en el sector cafetero, en los productores medianos y pequeños es el área productiva en café, mientras para los grandes es la mano de obra. Si bien ambos métodos difieren en valores porcentuales para la eficiencia, si permiten validar la diferencias de estas entre los productores pequeños, medianos y grandes.

Como no se cuenta con información de eficiencia técnica y asignativa para el caso peruano, se ha querido encontrar algunos índices que permiten medir el cambio en la productividad total de los factores como lo son el Índice de Törnqvist y el de Malmquist²¹, los cuales pueden considerarse como una variable *proxy* de la eficiencia. Para ello, se procesó la información disponible sobre *inputs* y *outputs* del café (convencional) a nivel nacional para el caso peruano. Se consideró como *output* a la producción de café convencional y como *inputs*, la cantidad de fertilizantes empleado a nivel nacional, destacando el uso de Urea, Superfosfato, Cloruro de potasio, tal como se aprecia en el cuadro 1.7.

Cuadro 1.7 Datos sobre *inputs* y *outputs* empleados en la producción convencional de café para determinar índices de Törnqvist y el de Malmquist

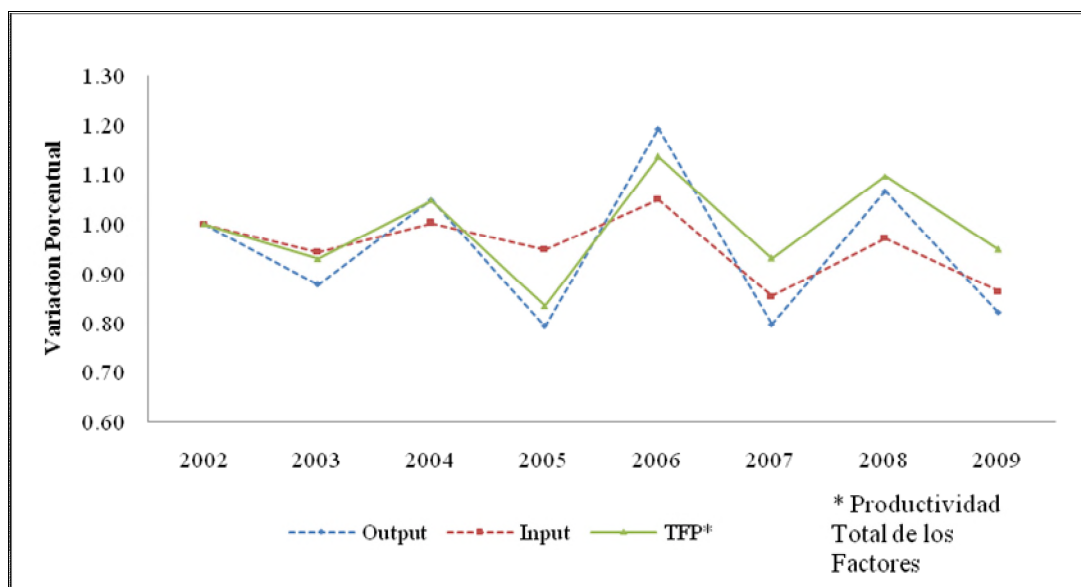
Año	Cantidades				Precios			
	Output	Inputs			Output	Inputs		
	Produccion café convencional (t)	Urea (t)	Superfosfato (t)	Cloruro de K (t)	Precio Café convencional (US\$/t)	Precio urea (S/. Por Tonelada)	Precio Superfosfato (S/. Por Tonelada)	Precio Cloruro de K (S/. Por Tonelada)
2002	183,721.18	49,065.08	24,532.54	36,798.81	884.00	745.22	1,022.16	884.20
2003	161,363.63	46,333.77	23,166.89	34,750.33	891.62	823.26	1,024.25	908.25
2004	192,708.76	49,144.24	24,572.12	36,858.18	1,252.51	974.39	1,139.50	963.71
2005	145,627.60	46,563.12	23,281.56	34,922.34	1,625.86	1,150.94	1,249.87	1,112.70
2006	218,925.08	51,521.87	25,760.94	38,641.40	1,885.34	1,179.04	1,377.24	1,259.78
2007	146,345.78	41,970.87	20,985.43	31,478.15	1,889.25	1,422.27	1,518.62	1,277.11
2008	195,892.03	47,708.67	23,854.34	35,781.50	2,352.91	2,250.59	2,828.79	2,276.59
2009	150,857.83	42,457.40	21,228.70	31,843.05	2,397.78	1,496.10	2,435.77	2,536.07

Fuente: Elaboración propia sobre la base de MINAG, JNC y BCRP.

²¹ El Índice de Törnqvist permite calcular los cambios en la productividad de los factores debido a cambios en los niveles de output producidos y en los inputs usados en el proceso de producción, así como de cambios en sus respectivos precios. Se obtiene calculando el ratio entre los índices de la cantidad de output y la cantidad de inputs, a través del software TFPIP Versión 1.0. Por otro lado, el índice de Malmquist, permite calcular los cambios en la productividad entre dos puntos: el periodo base "t" y el "t+1", estimando la razón de las distancias de cada punto, relativo a una tecnología común. Para procesar los datos se emplea el software DEAP 2.0.

Los resultados se muestran en el gráfico 1.1, donde se observa que la variación de la productividad ha sido volátil, con varios altibajos, registrándose la mayor disminución en el año 2005, en el cual la productividad del café convencional se redujo en un 16.48%, esto por el incremento de la demanda internacional de los cafés especiales. Por otro lado, el mayor incremento se registró en el año 2006 en el cual la productividad creció en un 13.48%. Se observa además que cuando la variación de los *inputs* es mayor a la del *output*, la productividad disminuye y cuando la variación de los *inputs* es menor, la productividad muestra un incremento.

Gráfico 1.1. Índice de Tornqvist TFP para el café convencional a nivel nacional



Elaboración propia

Para hallar el índice Malmquist se emplearon los datos solo de cantidades (y no de precios) de la tabla 1.7. Los resultados, que se presentan en el cuadro 1.8, muestran que los cambios en la productividad total de los factores (TFP) han ocurrido gracias a cambios en la tecnología (TECHCH). Exponiendo un comportamiento muy volátil a través de los últimos ocho años, llegando a incrementarse para el año 2006 hasta en un 35.9% (tomando como referencia el 2005) y llegando a decrecer hasta en un 21.2% para el año 2005. Por otro lado, se puede notar que no existen cambios en la eficiencia técnica (EFFCH), lo cual se debería a que se trabaja con una sola observación (Perú), por lo que los cambios de la productividad para este caso particular están siendo explicados sólo por cambios en la tecnología, manteniéndose constante también la eficiencia pura (PECH) y la eficiencia de escala (SECH). Sin embargo, esto no limita el modelo

empleado ya que nos muestra una tendencia de cuál es la trayectoria por la que atraviesa la productividad del café convencional en el Perú.

Cuadro 1.8: Resultados del índice de Malmquist para café convencional.

Año	Eficiencia técnica (effch)	Cambios en la tecnología (techch)	Eficiencia pura (pech)	Eficiencia de escala (sech)	Productividad total de los factores (TFP*)
2002/2003	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93
2003/2004	1.00	1.13	1.00	1.00	1.13
2004/2005	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80
2005/2006	1.00	1.36	1.00	1.00	1.36
2006/2007	1.00	0.82	1.00	1.00	0.82
2007/2008	1.00	1.18	1.00	1.00	1.18
2008/2009	1.00	0.87	1.00	1.00	0.87

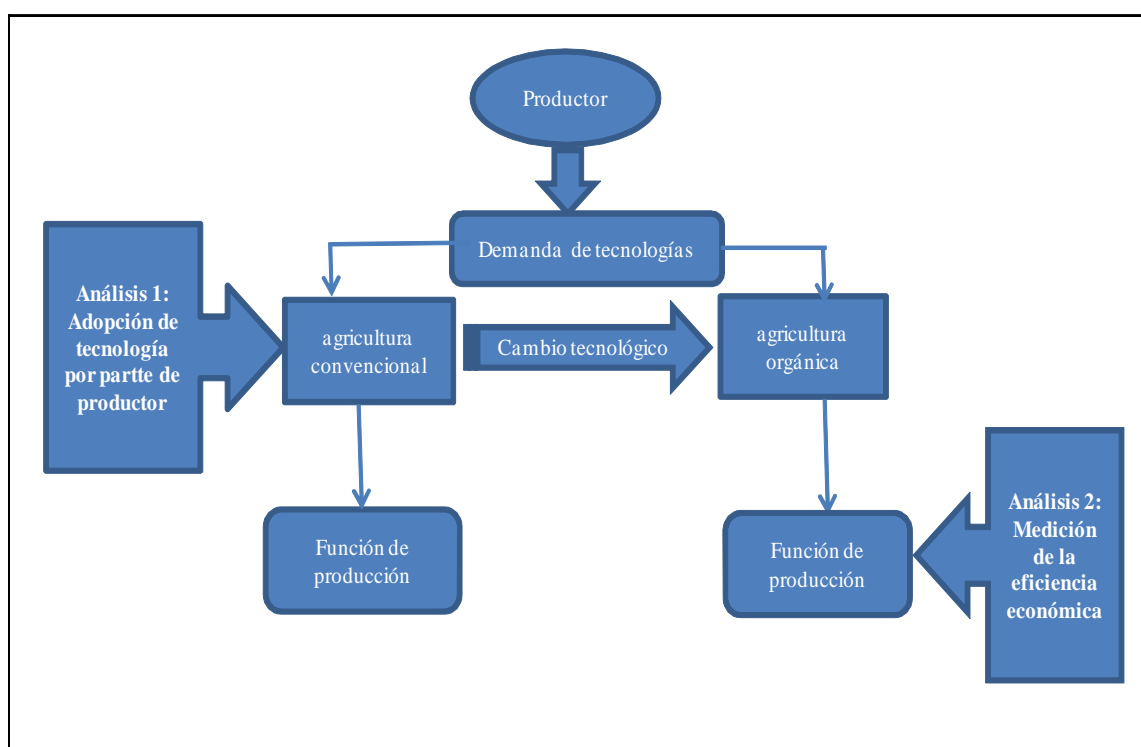
Fuente: Elaboración propia

Según se ha podido revisar, el café en el Perú ha sido y es un cultivo importante a través de los años. La producción orgánica ha evolucionado de manera favorable en los últimos años debido a la existencia de mercados y mejores precios para éste tipo de cultivos. Los factores que influyen en la adopción de café orgánico son estructurales (como ingreso, educación, edad) y también actitudinales como información sobre problemas ambientales, acceso a asistencia técnica. En cuanto a la eficiencia económica del café, no se han encontrado estudios para el caso peruano, sin embargo, existen para el caso de Colombia estudios que dan cuenta que las unidades empresariales emplean muy bien la cantidad de insumos para maximizar su producción pero no logran producir al mínimo costo, dada la presencia de un bajo grado de eficiencia asignativa. Para el caso peruano, no se cuenta con información sobre eficiencia en costos, pero en cuanto a la eficiencia técnica se puede mencionar que los cambios en la productividad total de los factores han ocurrido gracias a cambios en la tecnología, basados principalmente en el mejor uso de fertilizantes (manejo) o calidad de los mismos, ya que en general en el Perú, para el caso del café, las maquinarias son de tipo artesanal.

Capítulo 2. ¿Cómo medir la sustentabilidad del cambio tecnológico de producción convencional a orgánica?

En el capítulo anterior se ha revisado la literatura basada en la sustentabilidad agrícola del cambio tecnológico bajo dos perspectivas de análisis: del lado de la demanda de tecnología a través de los determinantes de la adopción, y de la oferta a través de medición de la eficiencia económica, tal como muestra en la figura 2.1.

Figura 2.1. Base teórica de la investigación



Fuente: Elaboración propia

Del primer análisis se mide los determinantes de la adopción del café orgánico en Piura. Se espera que la adopción tecnológica sea explicada por factores no solo estructurales sino también actitudinales, lo cual es un indicador de mayor sustentabilidad.

El segundo análisis mide la eficiencia económica. Se espera que la agricultura orgánica presente mayor eficiencia que la agricultura convencional al incorporar a la medición de las variables ambientales del balance de nutrientes y uso eficiente del agua.

Este capítulo aborda primero el ámbito geográfico seleccionado para la realización de la investigación, luego los métodos empleados tanto para los determinantes de la adopción y la medición de la eficiencia económica. Los métodos a su vez involucran la identificación de variables, el diseño de la investigación, la población y muestra, los instrumentos de colecta de datos y por último los procedimientos de análisis de datos.

2.1 ¿Cómo medir los determinantes del cambio tecnológico?

Según la revisión de literatura, los métodos más empleados para determinar los factores de adopción tecnológica son los modelos *probit* y *logit*. La investigación emplea ambos métodos y verifica cuál de ellos presenta mayor significancia.

Según Capps y Kramer, 1985, citados por D'Souza et al, 1993, la elección de qué modelo usar es normalmente una cuestión de conveniencia pues ninguno parece dominar en la teórica empírica. Mientras tanto, Hanushek y Jackson, 1977, citados por D'Souza et al, 1993, la formulación de un modelo logit es preferida debido a sus propiedades matemáticas convenientes²². Según Pindyck y Rubinfeld, 1981, citados por D'Souza et al, 1993, un importante recurso del modelo Logit es que "transforma el problema de predecir las probabilidades dentro de un intervalo de (0, 1) para el problema de predecir las probabilidades de que ocurra un evento dentro del rango de toda la línea real". Además, de acuerdo con Maddala, 1990, citado por D'Souza et al, 1993, mientras que las estimaciones de la pendiente de los dos métodos no son directamente comparables, en ausencia de una muestra grande los resultados empíricos obtenidos en las dos especificaciones probablemente no sean muy diferentes.

Sin embargo, ambos métodos son técnicas para estimar la probabilidad de un acontecimiento (como la adopción) que puede tener uno de dos valores: adoptan o no adoptan. La diferencia básica es que el modelo *logit* supone que la variable dependiente sigue una distribución logística mientras que el modelo *probit* supone una distribución normal acumulativa. Empleando cualquiera de los métodos se obtendrá resultados similares, solamente se producen diferencias significativas en los extremos de la distribución, es decir únicamente para los individuos que tienen probabilidades extremadamente altas o bajas de adopción. Por lo tanto, para este estudio se ha visto por conveniente emplear ambos métodos.

En el modelo probit, la variable dependiente Y_i^* es un variable no observable, la cual se define como discreta porque puede tomar el valor de 1 si el productor adquiere o adopta la tecnología de producción orgánica, y toma el valor de 0 en el caso de que no la adopta. Las variables independientes son los factores económicos, sociales y ambientales que influyen en la adopción o no de la tecnología.

²² Estas propiedades matemáticas se refieren a que la función de distribución normal (probit) solo puede calcularse en forma de integral. La menor complejidad de manejo que caracteriza al modelo Logit es lo que ha potenciado su aplicación en la mayoría de los estudios empíricos.

2.1.1 Diseño del modelo de determinantes de la adopción tecnológica

La decisión de adoptar tecnología por parte de los productores de café en Piura puede ser abordada como la comparación entre los niveles de utilidad que el hogar de la familia obtendría al adoptar la tecnología $Y_i^* = U(Z_1)$ y la utilidad asociada a no adoptarla $u_i^* = U(Z_0)$. Sin pérdida de generalidad, se asume que la utilidad obtenida al no adoptar la tecnología es 0, con lo cual la comparación de utilidades que realizan los hogares al decidir si adoptan o no una nueva tecnología tendría la siguiente forma:

$$Y_i^* = f_i(X_i) \quad (1)$$

Segun Greene, 1999²³ esta ecuación se puede reescribir usando el modelo *probit* de la siguiente forma:

$$Y_i^* = \beta' X_i + u_i \quad (2)$$

Donde:

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{si se adopta la tecnología, } Y_i^* > 0. \\ 0, & \text{si no se adopta la tecnología.} \end{cases}$$

Siguiendo el analisis de la ecuacion (1), es posible observar si un productor adopta la tecnología de producción orgánica o no. Es decir observamos $Y=1$ o $Y=0$. Sin embargo, no se puede observar la función de utilidad de los hogares de las familias en la cual se pondera el costo de oportunidad y tampoco se puede observar si el individuo realiza o no un análisis costo-beneficio a la hora de tomar la decisión de adoptar. Todo lo que no se puede observar está representado por la variable latente Y^* .

En la ecuación (2) $\beta' X_i$ es $E(Y_i^* / X_i)$. Así, de las expresiones anteriores se obtiene:

$$\Pr ob(Y_i = 1) = \Pr ob(u_i > -\beta' X_i) = 1 - F(-\beta' X_i) \quad (3)$$

Donde, F es la función de distribución acumulativa de u . En este caso, los valores de Y son exactamente las realizaciones de un proceso binomial. La función de verosimilitud para este modelo es:

$$L = \prod_{Y_i=0} F(-\beta' X_i) \prod_{Y_i=1} [1 - F(-\beta' X_i)] \quad (4)$$

²³ W. Greene, "Análisis Econométrico", 1999.

La forma funcional para F en (4) dependerá de los supuestos que se tengan para la distribución del término del error u_i en (3). Si la función de distribución de u_i es logística, tenemos un modelo *logit*, cuya forma funcional es igual a:

$$F(-\beta' X_i) = \frac{\exp(-\beta' X_i)}{1 + \exp(-\beta' X_i)} = \frac{1}{1 + \exp(\beta' X_i)} \quad (5)$$

Por consiguiente:

$$1 - F(-\beta' X_i) = \frac{\exp(\beta' X_i)}{1 + \exp(\beta' X_i)} \quad (6)$$

Por otra parte, el modelo *probit* supone que la distribución de los errores u_i se distribuye como una normal con media cero y varianza constante. En este caso:

$$F(-\beta' X_i) = \int_{-\infty}^{-\beta X_i / \sigma} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (7)$$

La función de verosimilitud para esta última función se diferencia de la del *logit*, solamente en que β/σ deben estimarse conjuntamente.

Debido a que la distribución normal acumulativa y la distribución Logit son muy parecidas, probablemente los resultados estimados no se diferencien mucho entre sí. Sin embargo, la comparación de los parámetros β 's de los modelos no puede realizarse directamente. Debido a que la distribución logística tiene una variación de $\pi^2/3$, el β obtenido a partir de un modelo *logit* tiene que ser multiplicado por $3^{1/2} / \pi$ para poder compararlo con el β estimado a partir del modelo *probit*, donde se normaliza el parámetro β por σ igual a 1. Amemiya (1981) sugiere que las estimaciones *logit* pueden ser multiplicada por $1/1.6=0.625$, argumentando que con esta transformación se obtiene una aproximación cercana entre la distribución logística y la función de distribución normal estándar.

Por lo tanto si X_{ik} que es k-esimo elemento del vector de variables explicativas X_i , y si β_k es el k-esimo elemento de β . Entonces, las derivadas de las probabilidades dadas para un modelo *probit* y un modelo *logit* son respectivamente:

$$\frac{\partial}{\partial X_{ik}} \Phi(X_i' \beta) = \phi(X_i' \beta) \beta_k \quad (8)$$

$$\frac{\partial}{\partial X_{ik}} L(X_i' \beta) = \frac{\exp(X_i' \beta)}{[1 + \exp(X_i' \beta)]^2} \beta_k$$

2.1.2 Variables empleadas

Según lo revisado la variable dependiente del modelo está dada por la variable dicotómica $Y_i = 1$ (si adopta la tecnología es decir si son productores orgánicos) y $Y_i = 0$ si no adopta la tecnología es decir si son productores convencionales.

La variable dependiente, permite estimar la probabilidad de adopción de la tecnología sujeta a conjunto de variables explicativas (X_i) que se detallan en el cuadro 2.1. Como se mencionó en el capítulo anterior según lo revisado, se agrupa a las variables explicativas de la adopción en dos segmentos: las estructurales (socioeconómicas) y las actitudinales: centradas en las percepciones sobre problemas ambientales y las actitudes frente a la innovación.

Cuadro 2.1. Variables consideradas para el modelo de determinantes de la adopción de tecnología orgánica.

Dimensión	Variable	Unidad	Tipo de Variable	Valores	Signo esperado
Dependiente	Y: Adopción de tecnología	-	Dicotómica	Adopta tecnología orgánica=1 No adopta tecnología orgánica=0	
Independientes Estructurales del agricultor y del predio (socioeconómicas)	X1: Edad	Años	Discreta		-
	X2: Ingreso	Nuevos soles	Continua		+
	X3: extensión de terreno	Has.	Continua		+
	X4: Acceso a crédito		Dicotómica	1= Si posee 0= No posee	+
	X5: Experiencia en el cultivo de café	Años	Discreta		+
	X6: Propiedad individual		Dicotómica	0= No posee (comunal) 1= Si posee (individual)	
	X7: Nivel de educación	Años	Discreta		+
Independientes Actitudinales	X8: Frecuencia de asistencia técnica		Categorica	0=No recibe asistencia técnica 1=Recibe una vez al año 2=Recibe dos veces al año 4=Recibe más de dos veces al año	+

	X9: Uso de técnicas de conservación		Categórica	0= no usa técnicas 1= usa 1 técnica 2= usa 2 técnicas 3=usa tres técnicas 4=usa cuatro técnicas	+
	X10: Propensión a innovar		Categórica	1=Nada importante 2=Poco importante 3=Medianamente importante 4=Importante 5=Muy importante	+
	X11: Motivos de certificación		Dicotómica	0=Aspectos de mercado (precios, mercado). 1=Aspectos ambientales (biodiversidad, suelos, agua)	+
	X12: Capacidad de gestión		Dicotómica	1=Si tiene capacidad 0=No tiene capacidad	+

Fuente: Elaboración propia.

2.2 ¿Cómo medir la eficiencia económica?

Para medir la eficiencia económica existen diversos métodos los cuales pueden ser paramétricos, no paramétricos, determinísticos y estocásticos. Los más usados son el Análisis Envolvente de Datos (DEA) que es un método determinístico no paramétrico y el Análisis de Frontera Estocástica (FEP) que es un método estocástico y paramétrico. Cada método presenta ventajas y desventajas en su aplicación y la elección del mismo depende principalmente de la disponibilidad de datos. Adicionalmente, la medición de la eficiencia, puede ser diferenciada según la forma funcional de la función de producción²⁴.

Los métodos paramétricos (desarrollos econométricos) son aquellos que involucran la especificación de una forma funcional particular y buscan estimar los coeficientes que determinan la función de producción, comúnmente denominados como frontera estocástica de producción (FEP), también permite una cierta desviación de la frontera atribuible al ruido estadístico. A partir de los coeficientes y niveles de insumos dados, se estima el máximo producto alcanzable y se miden las ineficiencias en términos de la diferencia entre dicho nivel y el producto observado. El principal inconveniente de este método consiste en que la forma funcional elegida y utilizada en cada aplicación empírica es una hipótesis impuesta

²⁴ La relación entre los factores de producción y la cantidad producida se describe por medio de una función de producción indicando el máximo nivel de producto que obtiene una empresa dada una combinación específica de factores. Estas presentan diversas formas funcionales como fijas, Cobb-Douglas, cuadráticas, translog, rayo homotéticas etc.

a los datos; sin embargo, su ventaja es que permite realizar inferencia estadística sobre los resultados obtenidos²⁵.

Los métodos no paramétricos, no asumen ninguna forma específica, sino que utilizan los datos del nivel de productos e insumos para estimar, mediante métodos de programación lineal, un conjunto convexo que representa el máximo nivel de producto alcanzable.²⁶ Este método tiene la ventaja de su flexibilidad, ya que se adapta a modelos multiproducto, e impone condiciones menos restrictivas en cuanto a la tecnología de referencia.

También, los métodos de medición de la eficiencia pueden ser diferenciados según la interpretación de las desviaciones entre el nivel de producto observado con respecto al máximo producto alcanzable, teniendo los métodos determinista o estocástico. El primero, asume que todas las desviaciones de la función frontera es resultado de ineficiencia, suponiendo que no existen factores externos que puedan desviar la producción de la frontera si el proceso productivo es eficiente. Por otro lado, los métodos estocásticos consideran la posibilidad de que existan factores externos o aleatorios, fuera del control de las unidades de decisión. Teniendo en cuenta esto, separan los desvíos observados en dos componentes, de los cuales sólo uno se atribuye a la ineficiencia en la producción, mientras que el otro es un elemento exógeno.

La investigación emplea el Análisis de Frontera Estocástica que permite hallar la frontera de producción mediante la forma funcional de Cobb-Douglas y a su vez determinar la eficiencia técnica (ET). Luego, con un modelo de función de costos se estima la eficiencia económica (EE). Por otro lado, la eficiencia asignativa (EA), es calculada a partir del cociente de la eficiencia económica y la eficiencia técnica. Se eligió el método paramétrico estocástico para estimar la eficiencia económica básicamente por la disponibilidad de datos (para emplear DEA se requiere datos en series de tiempo para los factores de producción). El cuadro 2.2 presenta un comparativo entre los dos métodos.

La forma funcional Cobb-Douglas se ha elegido por dos razones: en primer lugar, permite obtener las elasticidades de los insumos respecto al producto Y, en este caso particular, respecto a la frontera de producción. Por otra parte, es la forma funcional utilizada en estudios anteriores, lo que facilita una comparación en los parámetros estimados. Otra forma funcional usual, es la translogarítmica.

²⁵ Para este caso destacan los trabajos pioneros de Aigner et al., (1977), y Meeusen & Van Den Broeck (1977) quienes proponen una función de producción estocástica para separar la presencia de los errores de medición del modelo y los errores explicados por ineficiencias, lo que exige definir una forma funcional para la función de producción y una distribución para el término de error.

²⁶ Fueron Charnes, Cooper y Rhodes (1978), los primeros en proponer el método de análisis envolvente de datos bajo un enfoque no paramétrico; con esta técnica no es necesario imponer una estructura determinada para la frontera, por tanto muy útil para comparar la eficiencia técnica y asignativa, sin conocer previamente una función de producción o costos. Es un sistema de optimización diseñado para medir la eficiencia relativa, sobre Unidades Organizacionales en la Toma de Decisión (DMU - Decision Making Units, siglas en inglés).

Cuadro 2.2. Diferencias entre los métodos DEA y FEP.

Item	Análisis Envolvente de Datos (DEA)	Frontera Estocástica de Producción (FEP)
Técnica	Utiliza técnicas de programación lineal	Utiliza desarrollos econométricos
Forma funcional	No impone ninguna forma funcional a priori, posee flexibilidad ya que se adapta a modelos multiproductos.	Forma funcional definida, permite realizar inferencia estadística sobre resultados obtenidos. Su principal ventaja, es que los estimadores obtenidos para la ineficiencia gozan de propiedades estadísticas conocidas. El principal inconveniente en estos modelos, es que los posibles errores en la especificación pueden confundirse con la ineficiencia técnica.
Disponibilidad de datos	Se requiere datos de cantidades de insumos y productos para una muestra de empresas (generalmente zonas o departamentos) idealmente para varios años. Requiere de muestras grandes para obtener estimaciones robustas, las que pueden no estar disponibles. Es difícil obtener datos, para el caso de la agricultura en Perú, sobre insumos, en cambio se encuentra datos sobre productos para varios años (principalmente por región o a nivel nacional) como información secundaria.	Se requiere datos de cantidades de insumos y productos para una muestra de empresas (generalmente agricultores) idealmente para varios años. Las variables ambientales son más fáciles de tratar. Para el caso de la agricultura en Perú, no se cuenta con información sobre insumos y productos por agricultor. Esto se resuelve tomando una encuesta que cubra información sobre insumos y productos por agricultor.
Error	Sus resultados son muy sensibles a errores de medida y de especificación del modelo.	Permite incorporar un error de especificación que incluye la presencia de perturbaciones estocásticas.

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior es posible afirmar que la ventaja de usar DEA es que no se establece a priori una forma funcional sin embargo la desventaja es que es más sensible a los valores extremos. Asimismo, se requiere información sobre los factores productivos y ambientales a través del tiempo, información que es escasa por lo que limita la posibilidad de su uso. De este modo, la FEP se convierte en una metodología apropiada ya que se puede emplear información de corte transversal cuya ventaja principal es que al incorporar el error (término estocástico) es menos sensible a sesgos.

2.2.1 Diseño del modelo de eficiencia económica

Para hallar la frontera estocástica de producción primero es necesario plantear una función de producción que dependa de los insumos (trabajo, maquinaria, fertilizantes, etc.) y como se trata de métodos estocásticos es necesario incluir un término de error que tenga dos componentes: uno atribuido a la ineficiencia en la producción (representativo de las ineficiencias de la empresa que hacen que su *output* esté situado por debajo del que potencialmente es capaz de alcanzar), y otro atribuido a los factores exógenos denominado ineficiencia aleatoria (representativo de los shocks aleatorios que desvían a la empresa de su *output* máximo potencial).

La frontera de producción para este caso se especifica de la manera siguiente:

$$Y_i = f(X_i, \beta) * \exp(-u_i), \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (1)$$

Donde X_i es el vector de inputs i que son necesarios para producir el output Y_i , β es el vector de parámetros que deben ser estimados y u_i mide la ineficiencia técnica, siendo $u_i \geq 0$.

A partir de la información de las variables que son obtenidas por la información primaria de una encuesta, se plantea estimar una función de producción que sigue la distribución de una función Cobb-Douglas, pudiéndose reescribirse la ecuación (1) según se presenta en la ecuación (2):

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_i \beta_i * \ln X_i - u_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Donde $u_i \geq 0$

El método que se empleará consta de dos etapas. En la primera se estima la eficiencia técnica, y la económica. En la segunda, la eficiencia asignativa. El modelo estocástico de función de producción para estimar el nivel de eficiencia técnica de las explotaciones se especifica de la siguiente forma:

$$Y_i = f(X_i; \beta) + \eta_i \quad ; \quad i = 1, 2, 3 \dots 10 \quad (3)$$

Donde Y_i es el logaritmo de producción de la i -ésima unidad, X_i es el vector actual de insumos de la función de producción (en logaritmos) y otras variables relevantes (incluyendo un término constante), mientras que β es el vector de parámetros a estimar, y η_i es el término del error que está compuesto por dos elementos:

$$\eta_i = v_i - u_i \quad (4)$$

Donde v_i mide las distorsiones simétricas o errores aleatorios que se asumen son independiente e idénticamente distribuidos como $N(0, \delta_v^2)$, dada la estructura estocástica de una frontera.

El segundo componente, u_i se asume que es independientemente distribuido de v_i y se supone que satisface $u_i \leq 0$. Para este caso particular, u_i se deriva de una distribución $N(0, \delta_u^2)$, permitiéndole a la producción actual la posibilidad de caer debajo de la frontera.

La lógica económica detrás de esta especificación es que el proceso de producción está sujeto a dos errores aleatorios, con diferentes características. Aigner et al (1977) consideraron que la literatura proporcionaba ya suficiente evidencia de este hecho²⁷.

Según Jondrow et al, 1982²⁸, la estimación de la eficiencia técnica se halla por la media de la distribución condicional del término de ineficiencia u_i , dado η_i ; y es definido como:

$$E(u_i | \eta_i) = \frac{\sigma_u \cdot \sigma_v}{\sigma} \cdot \left[\frac{f(\eta_j \lambda | \sigma)}{1 - F(\eta_j \lambda | \sigma)} - \frac{\eta_j \lambda}{\sigma} \right] \quad (5)$$

Donde: $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$, $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, mientras que f y F representan la función normal estándar de densidad y la función normal estándar acumulativa.

$$ET_i = \frac{Y_i}{Y_i^*} = \frac{E(Y_i / u_i, X_i)}{E(Y_i / u_i = 0, X_i)} = E[\exp(-u_i) / \eta_i] \quad (6)$$

La ET toma valores dentro del intervalo (0,1), donde 1 indica un predio plenamente eficiente y 0 implica ineficiencia absoluta.

Para cuantificar la eficiencia económica se especifica una función de costos:

$$C_i = g(Y_i, P_i; \alpha) + \eta_i \quad ; i = 1, 2, 3 \dots 10 \quad (7)$$

²⁷ Marschak y Andrews (1944) sugieren que la suma $(v_i + u_i)$ refleja la "eficiencia técnica" y el "esfuerzo, suerte" de un productor. Zellner, Kmenta y Dreze (1966) sugieren que refleja "factores como el clima, variaciones impredecibles en las máquinas o en el desempeño de los trabajadores". Aigner y Chu (1968) explican el término de error por shocks aleatorios en el proceso productivo, que pueden deberse al manejo inadecuado o a productos defectuosos. Timmer (1971) lo relaciona con problemas de definición y medición en las variables. Finalmente, los economistas agrícolas frecuentemente citan las variaciones entre cultivos relacionadas con condiciones ambientales como clima, topografía y tipo de suelo como indicativos de una función de producción aleatoria.

²⁸ Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982).

Donde C_i representa el costo total de producción, Y_i la producción producida, P_i el costo del insumo, α representa los parámetros de la función de costes, y η_i representa el término del error, donde:

$$\eta_i = v_i + u_i \quad (8)$$

Como se asume que las ineficiencias incrementan los costos, tienen signo positivo.

La eficiencia económica, por agricultor convencional u orgánico, es definida como el ratio del costo mínimo observado del total de la producción (C^*) y el actual costo total de producción (C) usando el resultado de la ecuación (6) de arriba, esto es:

$$EE_i = \frac{C_i}{C_i^*} = \frac{E(C_i / u_i = 0, Y_i, P_i)}{E(C_i / u_i, Y_i, P_i)} = E[\exp(u_i)\eta_i] \quad (9)$$

Toma valores entre 0 y 1, donde 1 es cuando el costo efectivo coincide con el costo mínimo, es decir, el valor de la función.

Por último, para calcular la Eficiencia de Asignación se resuelve la siguiente ecuación:

$$EA = EE/ET \quad (10)$$

De igual forma, la eficiencia de asignación toma el valor de 1 cuando la combinación de factores es la óptima y 0 es cuando no lo es.

Una vez obtenidos los índices de eficiencia técnica, económica y asignativa por productor convencional y orgánico, se emplean promedios para comparar cual de las tecnologías presenta mayor índice de eficiencia.

2.2. 2 Eficiencia económica incorporando variables ambientales

Se incluyen dos indicadores de sustentabilidad: eficiencia en el uso de nutrientes y eficiencia en el uso de agua. A continuación, se detalla el proceso metodológico para obtener ambos indicadores que son incluidos en la función de costos para hallar la eficiencia económica con costos ambientales.

2.2.2.1 Eficiencia en el uso de nutrientes

El estudio de Manchado (2010) ayuda a esta investigación pues si bien no emplea una función de producción con frontera estocástica, plantea la importancia de emplear y cuantificar mediante métodos de valoración económica el uso de indicadores para la sustentabilidad en la agricultura como la eficiencia de uso de energía fósil, el riesgo de contaminación por nutrientes o plaguicidas, el riesgo de erosión de suelos, el balance de gases invernadero, la racionalidad en la utilización del suelo, la eficiencia en el uso del agua y el monitoreo de la biodiversidad. Esto debido a que las tendencias en la agricultura moderna como la

intensificación del uso del suelo, la ampliación de la frontera agrícola, el uso de fertilizantes han provocado el deterioro de la capacidad de los recursos naturales en su rol de factores productivos, poniendo en riesgo la sustentabilidad de los sistemas de producción y la ocurrencia de externalidades ambientales.

Manchado emplea como indicador de sustentabilidad en la agricultura la eficiencia de uso de los nutrientes, es decir el modo en que una especie vegetal, un cultivo o un sistema de producción utiliza los nutrientes. No sólo mide el balance de nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Azufre y Calcio) en términos físicos sino también lo valora económicamente, a través del método de costo de reposición de los nutrientes mencionados.

La investigación emplea la propuesta de Manchado (2010), básicamente por la disponibilidad de información. Si bien Cabrini y Calcaterra (2011) proponen la estimación física y la valoración económica del balance de nutrientes, materia orgánica, y erosión hídrica, no es posible emplear estos dos últimos por la falta de información. Debido a ello se emplea solo la valoración de balance de nutrientes según la metodología de Manchado y la propuesta de estimación de eficiencia económica de Cabrini y Calcaterra (2011).

A partir de Manchado, 2010, se adaptó la metodología de estimación del balance de nutrientes en términos físicos y monetarios para el caso del café convencional y café orgánico. Los pasos metodológicos son los siguientes:

1. Estimación del Balance de nutrientes en términos físicos como diferencia entre lo que se exporta (café convencional u orgánico) en promedio menos lo que se repone por la fertilización.
 - a. Estimación de la extracción de nutrientes como el producto del coeficiente de extracción de cada nutriente y la producción de café (convencional u orgánico) por individuo. Tal como se muestra:
$$\text{Ext Nut}_{ij} = \sum ce_{ij} * \text{Prod}_{j, \dots} \quad (1)$$

donde:
ExtNut_{ij}: extracción total de nutrientes para café convencional u orgánico por individuo.
i: extracción de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre)
j: individuo o productor convencional u orgánico.
ce_{ij}: coeficiente de extracción para cada nutriente de café convencional u orgánico por individuo.
Prod_j: producción de café (convencional u orgánico) por individuo
 - b. Estimación de la reposición de nutrientes: Para éste caso Machado, plantea dos fuentes: a. aplicación de fertilizantes y b. fijación simbiótica. Para esta investigación se empleó sólo la primera fuente es decir la aplicación de fertilizantes. Esta información se obtuvo de entrevistas a técnicos y se consideró la eficiencia de aplicación de fertilizantes de 100%. La reposición se determina del producto entre macronutriente aportado por fertilizantes por ha. por la cantidad de ha por productor (convencional u orgánico).

$$\text{Rep Nut}_{ij} = \sum \text{fert}_{ij} * \text{sup}_j \dots\dots(2)$$

donde:

Rep Nut_{ij}: reposición total de nutrientes

i: nutriente

j: individuo o productor convencional u orgánico

fert_{ij}=nutrients aportados por fertilización para cada nutriente por productor

sup_j: superficie en has por productor convencional u orgánico

c. Estimación física del balance de nutrientes

Para el cálculo de los balances de nutrientes se consideraron sólo las extracciones por la exportación de los productos y la reposición de la fertilización. No se consideraron pérdidas por erosión. Se calculó para cada productor convencional u orgánico de la siguiente manera:

$$\text{Bal Nut}_{ij} = \text{Rep Nut}_{ij} - \text{Ext Nut}_{ij} \dots\dots\dots(3) = (2) - (1)$$

$$\text{Bal Nut}_{ij} = \sum \text{fert}_{ij} * \text{sup}_j - \sum \text{ce}_{ij} * \text{Prod}_j$$

d. Valoración económica del balance de nutrientes

Se empleó el método de costo de reposición de los nutrientes utilizando el fertilizante más usual y de menor precio por unidad de nutriente. Los precios de cada elemento se derivan de los precios corrientes de los fertilizantes en la campaña 2011 (campaña estudiada en la encuesta)

Una vez obtenido el costo económico del balance de nutrientes, se incluye en la función de costos para determinar la eficiencia económica.

2.2.2.2 Eficiencia en el uso del agua

Otro indicador importante de sustentabilidad, es la eficiencia en el uso de agua. Es importante considerar éste indicador pues el agua constituye un recurso escaso y además no tiene precio en el mercado agrícola en Piura (para el caso del café). Se parte del supuesto que es posible valorar el recurso hídrico (bien que no posee mercado) a través de un bien que sí lo posee (cultivo del café).

Existen diversas metodologías para calcular el valor del agua, entre estas destacan: el método del Cambio de Productividad o una de sus variantes conocidas como el Cambio de los Ingresos Netos del Productor; la Valoración Contingente, el Costo de Oportunidad, el Costo de Conservación y/o Preservación del Acuífero, etc.

El método del Cambio de Productividad, como lo expone Cristeche y Penna (2008), hace posible valorar un bien o servicio ambiental que no se comercializa en el mercado (agua) al relacionarlo con un bien que si lo hace (cultivos agrícolas). Al considerar que éste bien o servicio ambiental es un insumo dentro de la función de producción, la valoración consistiría en evaluar el efecto que dicho bien o servicio ejerce sobre la productividad del cultivo. Así la aplicación del método radica en multiplicar la variación del rendimiento del cultivo, a causa de una variación en la disponibilidad del agua, por los precios en el momento del análisis.

Una variante de esta metodología es el Cambio de los Ingresos Netos del Productor. Dicha metodología consiste en considerar al agua como un insumo más en la función de producción de un bien o servicio convencional, con el objetivo de estimar el beneficio adicional neto por unidad de agua en la producción de este determinado bien que se transa en el mercado (López, 2004). En este caso, el bien sería el cultivo agrícola (café convencional u orgánico).

En tal sentido, el valor económico del agua para uso agrícola se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor del agua} = \frac{\text{Ingreso neto bajo riego} - \text{Ingreso neto sin irrigación}}{\text{Volumen de agua desviada para irrigación}}$$

Donde el Ingreso neto es la diferencia entre los ingresos brutos y los costos de producción, cosecha y post-cosecha del café. Se incluye los costos de beneficio húmedo, secado, hasta el transporte y comercialización a la planta de CEPICAFE, es decir hasta llegar a un nivel de café pergamino.

Algunos ejemplos de la aplicación de esta metodología se encuentran en el estudio “Valoración Económica del Servicio Ambiental Hídrico en la Cuenca Internacional 108, Río Chiriquí, Panamá” (Corella, 2004), el “Estudio Económico para la Definición de Cánones para el Uso y Aprovechamiento del Recurso Hídrico en Nicaragua” (López, 2004), “Costo de Oportunidad y Externalidades en el Valor Económico del Agua”(Jiménez, 2008) y el trabajo del valor y costo del agua para la agricultura irrigada en Haryana, India (citado por Jiménez, 2008). En los estudios mencionados se calcula el valor económico del agua a través metodología del Cambio de Ingresos Netos del Productor, comparando la productividad obtenida bajo riego con la obtenida por secano.

Este método busca valorar el agua comparando los beneficios netos que el agricultor percibirá cuando tiene la cantidad de agua adecuada y cuando se lleva a cabo una limitación del agua, manteniendo todas las demás variables constantes (cantidad de fertilizantes, calidad de semilla, manejo agrícola, etc.). En tal sentido, el cambio en la productividad del cultivo sólo dependerá de la variación del agua y a través de ello se valora el recurso hídrico.

Los pasos para realizar la valoración económica del agua para uso agrícola mediante éste método se resume de la siguiente manera:

1. Determinar la cantidad de agua empleada por nivel de productividad de café (convencional u orgánico) que alcanza cada productor, lo cual es obtenido de las encuestas.

2. Estimación de la pérdida de productividad de café (convencional u orgánico) por reducción de agua

Se establece un escenario de reducción probable de agua a través de entrevistas a expertos. Esta reducción de disponibilidad de agua es del 20%. A partir de esta reducción de agua, se determina la reducción de productividad de café por productor.

3. Valoración económica del agua determinando ingresos y costos en las situaciones con riego y sin riego a partir de la siguiente fórmula:

$$VA = \frac{((P * Q_{riego}) - (C_{riego})) - ((P * Q_{sin\ riego}) - (C_{sin\ riego}))}{V_{agua\ riego}}$$

Donde:

P: Precio de venta del café convencional u orgánico (S/qq.) pergamino.

Q_{riego} : Productividad del café convencional u orgánico con riego (qq/ha)

$Q_{sin\ riego}$: Productividad del café convencional u orgánico sin riego (qq/ha)

C_{riego} : Costos de producción café convencional u orgánico con riego (S/./ha)

$C_{sin\ riego}$: Costos de producción café convencional u orgánico sin riego (S/./ha)

$V_{agua,riego}$: Volumen de agua desviada para la irrigación (m^3 /ha)

VA: Valor económico del agua para uso agrícola del café convencional u orgánico (S/./ m^3)

En esta metodología se comparan dos escenarios: con riego y sin riego (cultivo de secano), siendo el valor del agua igual a la variación de los beneficios entre el agua desviada para riego. En el presente estudio no se ha limitado por completo el agua de riego durante todo el ciclo del cultivo (cultivo de secano); en cambio, se han creado el escenario con limitación de agua (reducción del 20%).

Los costos para el escenario con riego y los escenarios proyectados no son iguales. Los costos referentes a los fertilizantes y mano de obra serán incurridos por el agricultor independientemente de la cantidad de agua asignada, pero varían según el nivel de producción. Se asume que el costo de producción se reduce en la misma proporción que el nivel de producción. A pesar que en la zona de estudio, el agua es un recurso escaso, actualmente no existe una tarifa por el uso de agua.

Una vez obtenidos los indicadores de sustentabilidad e incorporados en la función de costos para hallar la eficiencia económica, se contrastan los resultados en dos escenarios relevantes para el análisis: sin costos ambientales y con costos ambientales.

2.2.3 Variables empleadas

Las variables empleadas en el modelo de eficiencia técnica se muestran en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 Variables empleadas para el modelo de eficiencia técnica incorporando variables ambientales

Dimensión	Variable	Unidad	Tipo de Variable	Signo esperado
Dependiente (output)	Y: rendimiento del café convencional	kg/ha	continua	
Independientes (inputs)	X1: cantidad de fertilizantes	kg/ha		+
	X2: Cantidad de mano de obra	jornales/ha	continua	+
	X3: Cantidad de agua	m ³ /ha	continua	+

Fuente: Elaboración propia

Las variables empleadas en el modelo de eficiencia económica que incorpora variables ambientales se muestran en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4 Variables empleadas para el modelo de eficiencia económica incorporando variables ambientales

Dimensión	Variable	Unidad	Tipo de Variable	Signo esperado
Dependiente (output)	Y: Ingreso neto	Soles/ha	continua	
Independientes (inputs)	X1: Superficie del productor	has		+
	X2: Costo del jornal	Nuevos Soles/ha	continua	-
	X3: Costo por fertilizante	Nuevos Soles/ha	continua	-
	X4: Costo por balance de nutrientes	Nuevos Soles/ha	continua	-
	X5: Costo por uso de agua	Nuevos Soles /ha	continua	-
	X6: rendimiento ajustado			

Fuente: Elaboración propia

2.3 Ámbito geográfico

El ámbito geográfico del estudio es la zona cafetalera del departamento de Piura, que comprende tres provincias de la sierra piurana: Ayabaca, Morropón y Huancabamba. Se ha escogido este departamento por su dinamismo en el acceso a mercados agrícolas y por su importancia en la producción orgánica.

La producción agrícola del departamento de Piura es importante y diversa, tal como se puede ver en el anexo 2.1, ya que representa más del 40% del número de productores y de la superficie agrícola del norte peruano. Esta diversidad agrícola se desarrolla en zonas de la costa y la sierra, donde de acuerdo a sus características de clima, suelo y agua se han instalado los cultivos. En la costa sobresale la producción principalmente de arroz, algodón, limón y mango instalados bajo riego todo el año con agua que proviene de las represas. En la sierra se producen cultivos como el café, cacao, papa, maíz y trigo, con agua proveniente de las quebradas (bajo riego) y de las lluvias (época de secano).

Entre los cultivos de exportación destacan el mango, el limón y el café, producidos principalmente bajo la agricultura orgánica. Este tipo de agricultura es importante en la región pues existen cientos de pequeños productores involucrados en programas destinados a la transición a emprender el tránsito hacia una agricultura más sostenible en donde destaca el trabajo de Organismos No Gubernamentales-ONG²⁹, según se observa en el anexo 2.2.

El café se produce en el espacio denominado Corredor Andino, que comprende los distritos de las provincias de Ayabaca (cuenca del río Chira), Morropón (zona central de la cuenca del río Piura) y Huancabamba (sur-este de la cuenca del río Piura) como se puede ver en el mapa de la zona (anexo 2.3). En esa zona se produce café convencional y orgánico por pequeños productores (menos de 3 has) que cuentan con tecnología limitada y poseen régimen de tenencia de tierras individual y comunal.

Aproximadamente el 60% de productores cafetaleros del departamento de Piura pertenecen gremialmente a la Central Piurana de Cafetaleros-CEPICAFE, Asociación que se ha considerado para realizar la tesis, por la facilidad de obtención de información (base de datos de productores) y porque es una de las asociaciones más importantes en Piura en cuanto a la promoción producción orgánica.

La producción de café en Piura ha evolucionado de manera ascendente, la razón se debe principalmente al incremento del rendimiento (coeficiente de correlación de 0.6) que al incremento de superficie cosechada (coeficiente de correlación de 0.49)³⁰, como se observa en el anexo 2.4.

²⁹Instituciones como PROGRESO (ExPIDECAPÉ), Centro Ideas, CIMAD, AIDER, CEPESER.

³⁰ Se emplearon coeficientes de correlación de Pearson.

La producción y los rendimientos de café son influenciados por factores ambientales, entre los que destacan el clima, el suelo y la altitud. Las condiciones climáticas más adecuadas para el cultivo del café, varían según la zona geográfica debido a la combinación de diversos factores; siendo los más determinantes para un buen desarrollo de las plantaciones la precipitación y la temperatura.

Según el anexo 2.5, el mayor nivel de precipitación y las menores temperaturas generan mejores condiciones para la producción, siendo Piura una zona que está por debajo de los niveles requeridos de precipitación y por encima de los rangos de temperatura, así la escasez de agua de lluvias, la falta de tecnología de riego y los posibles incrementos de temperatura (por fenómeno del Niño o por efectos del cambio climático) afectarían considerablemente la producción. Por ello, para el análisis de la valoración del agua, se emplea un escenario de reducción de agua del 20%, lo cual afecta la productividad directamente.

En el recurso suelo, los principales indicadores son el ph y la materia orgánica. Para esa cuestión no es disponible la información en Piura. En relación a la altitud, la zona cafetalera de Piura se encuentra en la sierra con una altitud por encima de los 1200 msnm, lo cual favorece la producción.

La agricultura orgánica tiene diferencias con la agricultura convencional en el sistema de producción las cuales se relacionan principalmente con los tipos y niveles de insumos requeridos³¹.

Los factores de producción relevantes de la zona de estudio son el uso de fertilizantes, la mano de obra y el uso de agua. Las maquinarias son artesanales y dan cuenta de un bajo nivel tecnológico para ambos tipos de agricultura (convencional y orgánica). En cuanto a los abonos y fertilizantes, los productores orgánicos utilizan el guano de isla, sulfomag, roca fosfórica y fertimar. Los productores convencionales se caracterizan por usar fertilizantes químicos o no permitidos en la producción orgánica, por no emplear ningún tipo de fertilizante o por emplear los fertilizantes usados por los orgánicos pero en dosis inferiores o inapropiadas. Esto va ligado al menor acceso a servicios de asistencia técnica que tienen. La mano de obra es más intensa para el caso de productores orgánicos pues se requiere mayores labores. El uso de agua es otro factor importante. El nivel tecnológico en el riego es limitado, la mayoría de los productores emplean el riego por gravedad, y en menor medida el riego por aspersión.

Si se comparan rendimientos promedio de la zona de estudio con respecto a otros lugares del Perú, se puede constatar que está muy por debajo del promedio nacional (400 Kg/ha frente a 700 Kg/ha) y aun más si se hace una comparación con países como Costa Rica con que llega a producir 1522.5 kg/ha, o Colombia

³¹ El uso de las prácticas agroecológicas en la conservación del suelo es de gran importancia para mantener la producción en forma constante, asimismo, no se puede concebir un buen manejo ecológico del suelo si no se reduce los riesgos de erosión, especialmente en las zonas de ladera, donde los suelos son empinados, con poca vegetación o desnudos, y donde las lluvias arrastran todo el material fértil de la capa arable, originando una fuerte erosión hídrica.

con 1896.7 kg/ha. Asimismo, es necesario precisar que los rendimientos se relacionan al nivel tecnológico empleado y en la zona de estudio y en general en el Perú el uso de insumos es limitado así como el de maquinarias, por lo que la producción y rendimiento dependen más de las condiciones agroecológicas de cada zona.

2.3.1 CEPICAFE: Asociatividad de los productores

Aproximadamente el 40% del total de cafetaleros de Piura están asociados a la Central Piurana de Cafetaleros- CEPICAFE, el trabajo de investigación tiene como objeto de estudio a los productores de esta organización.

CEPICAFE es una entidad gremial que representa a productores de café en la sierra de Piura organizados en asociaciones de productores, cooperativas agrarias cafetaleras, etc., fundada en el año 1995, y desde el año 1997 viene exportando principalmente café orgánico (90% del volumen exportado en promedio) y en menor medida café convencional (10% en promedio)³². Como se observa en el anexo 2.6, hay una tendencia creciente de las exportaciones de café desde el año 2000 al 2009.

Asimismo, CEPICAFE ha apuntado a desarrollar los mercados de comercio justo o solidario que combinan la certificación orgánica con una certificación social, ya que se trata de pequeños productores que venden directamente sin intermediarios. Como se observa en el anexo 2.7, durante la campaña 2009, más del 55 % de las ventas se colocaron en los mercados orgánicos, siendo el café orgánico solidario el más importante dentro de este rubro con 44% del total de las exportaciones.

Con respecto a los precios tanto del mercado local como de los pagados por CEPICAFE, han mostrado una tendencia creciente a partir del año 2002, tal como se puede observar en el anexo 2.8.

2.3.2 Índices de Desarrollo Humano

Por otro lado, según el mapa de pobreza³³ de FONCODES (2006), el departamento de Piura se encuentra en el segundo quintil de carencias. El 29% del total de sus pobladores no cuenta con agua, el 31% no cuenta con desagües o letrinas, y el 31 % no cuenta con electricidad. Tiene una tasa de nutrición de 24% en niños de 6 a 9 años y un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.57.

³² La experiencia de CEPICAFE incluye una propuesta de diversificación de la producción con el fin de incrementar los ingresos de los productores. De esta manera viene impulsando además del café, la producción también de cacao, panela, mermeladas y jugos.

³³ El mapa de pobreza de FONCODES 2006 (con indicadores actualizados con el censo del 2007) identifica los ámbitos geográficos que concentran la población más pobre en términos de carencias de servicios básicos y mayor vulnerabilidad a la pobreza, utilizando como indicadores el acceso a agua potable, desagüe/letrinas, electrificación por red pública. El quintil 1 es el de mayor carencias y el 5 los menos pobres.

El anexo 2.9, muestra los principales indicadores de pobreza para las provincias del departamento de Piura que corresponden al ámbito de estudio de la tesis. La provincia de Ayabaca se encuentra en el quintil 1 del índice de carencias y cuenta con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.52. En esta provincia, el distrito de Montero pertenece al quintil 1 de pobreza, y tiene un 95% de población sin agua, 62% sin desagüe o letrinas, 74 % sin electricidad y una tasa de desnutrición infantil de 33%. La provincia de Huancabamba se encuentra en el quintil 1 de pobreza, y cuenta con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.51. En esta provincia, los distritos de Canchaque, Lalaquiz y San Miguel del Faique pertenecen al quintil 1 de pobreza. El primero tiene el 36% de población sin agua, 31% sin desagüe o letrinas, el 73% sin electricidad y una tasa de desnutrición infantil de 30%. El segundo tiene el 40% de su población sin agua, 59 % sin desagüe o letrinas, 74% sin electricidad y una tasa de desnutrición infantil de 38%. El último tiene el 77% de su población sin agua, 30% sin desagüe o letrinas, 56% sin electricidad y una tasa de desnutrición infantil de 47%. Por último, la provincia de Morropón se encuentra en el quintil 2 de pobreza y cuenta con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.54.

2.4 Población

La población está conformada por pequeños productores de la sierra del departamento de Piura pertenecientes a CEPICAFE-Central Piurana de Cafetaleros, con un tamaño menor a 3 ha de tres provincias cafetaleras de Piura. La población total es de 1943 productores de los cuales 1203 son orgánicos y 730 son convencionales. El área productiva total es de casi 8 mil has y le corresponde a café poco más de 3 mil has según se observa en el anexo 2.10.

2.5 Muestreo

La población debe contar con un medio que identifique directa o indirectamente los elementos (agricultores) bajo estudio. Este medio se denomina “marco muestral”, que para éste caso es la base de datos del consolidado de organizaciones del padrón de socios CEPICAFE del año 2010.

2.5.1 Tamaño de Muestra

Para hallar el tamaño muestral se ha considerado la fórmula de poblaciones finitas de la siguiente manera:

$$n = \frac{(1-p)*p*(1.96)^2*N}{(1.96)^2*p*(1-p)+e^2*N}$$

Donde **N**: es el Tamaño poblacional y es definido como el número total de agricultores que debemos de obtener del marco muestral, en este caso toma el valor de N. Para la investigación el tamaño poblacional es de 1943 (total de

agricultores cafetaleros) entre orgánicos (1203) y no orgánicos (730), según se puede observar el anexo 2.10.

n: es el **Tamaño de muestra que** toma la sub-población que se selecciona para el análisis. Para el caso de estudio se ha considerado un tamaño de muestra de 157 observaciones³⁴, desagregadas entre 59 productores convencionales y 98 productores orgánicos, como se observa en el anexo 2.11.

e: es el **Nivel de Error** de muestreo relativo, que indica el ajuste de nuestro tamaño muestral. Este explica las diferencias entre las medias de la muestra con respecto a las medias poblacionales, lo que significa que a mayor nivel de error, el sesgo serán relativamente mayores, siempre y cuando lo comparamos a un menor nivel de error.

En la mayoría de estudios demográficos se emplea un nivel de error de 0.05, sin embargo este valor es determinado a criterio del investigador. Para el caso de la investigación se emplea el valor de 0.075, que significa un nivel de incertidumbre moderada por la naturaleza del estudio³⁵, ya que, además, según la literatura revisada no es indispensable tomar como nivel de error 0.05. Esto se hace para reducir el tamaño de muestra por tema de limitaciones en costos.

El nivel de confianza es un término estadístico abstracto, para el estudio se ha planteado un nivel de confianza del 92.5%, lo que se traduce en la fórmula incluir el valor correspondiente a la distribución de "Z" (1,96). Este término explica que se logra extraer 100 muestras distintas de del marco muestral, 92.5 de ellas, poseerán dentro de sus intervalos de confianza de sus medias, los valores de las medias poblacionales.

Tanto el nivel de error relativo y el nivel de confianza son importantes para analizar los intervalos de confianza de la variabilidad de las estimaciones de la media poblacional.

2.5.2 Técnicas de muestreo

La técnica de muestreo empleada fue estratificada. Una muestra aleatoria estratificada es aquella que se obtiene por la separación de los elementos de la población en grupos llamados estratos y la selección de una muestra aleatoria simple de cada estrato. Para formar los estratos por asociación de agricultores se identificaron tres variables (asociatividad, productividad y proporción de agricultores con certificación orgánica) que diera lugar a la formación de dos

³⁴ Sin embargo, se tomaron 160 encuestas. Esto debido a un tema de previsión.

³⁵ Según un estudio de Piñón y Barcelo, (2005) realizado en Cuba, sobre la contaminación sonora, se empleó este margen de error por el tipo de muestra que se tenía y para tener un nivel de incertidumbre moderada por la naturaleza del estudio.

subgrupos por cada una de ellas. Se tuvo en cuenta las siguientes características para cada variable:

-Asociatividad (número de socios por asociación): Asociaciones con menos de 15 agricultores y Asociaciones con más de 15 agricultores.

-Productividad (número de quintales por hectárea cosechada por asociación): Asociaciones con el nivel de Productividad menor a 3.7 quintales por has y con nivel de Productividad mayor a 3.7 quintales por has.

-Proporción de agricultores con certificación orgánica (según asociación): Asociaciones con menos del 50% de agricultores orgánicos y Asociaciones con más del 50% de agricultores orgánicos.

Las razones por las cuales es conveniente utilizar la estratificación son: i. Puede producir un límite para el error de estimación más pequeño que el producido por una muestra aleatoria simple del mismo tamaño. Este resultado es particularmente cierto si las mediciones dentro de cada estrato son homogéneas. ii. El costo por la obtención de las observaciones puede ser reducido por la estratificación de los elementos de la población en grupos convenientes. iii. Pueden obtenerse estimaciones de los parámetros poblacionales de interés para ciertos subgrupos de la población, estos subgrupos deben ser estratos identificables. De acuerdo a lo anterior, se obtuvieron dos estratos (1 y 2), tal como se observa en el anexo 2.11.

El **estrato 1** está conformado por grupos de asociaciones que tienen menos de 15 agricultores, con una productividad menor a 3.7 quintales por has y con menos del 50% de participación de agricultores orgánicos. Mientras que el **estrato 2** corresponde a los grupos de asociaciones que tienen de 15 a más agricultores, con una productividad mayor a 3.7 quintales por has y con 50% o más de participación de agricultores orgánicos.

Diseñados los estratos, se puede observar que 21 asociaciones pertenecen al estrato 1 y 50 al estrato 2. En el estrato 1, la productividad total es de 5.9 qq/has con 127 agricultores orgánicos que representan menos de la quinta parte del estrato. En el estrato 2, se puede ver que la productividad total es mayor registrando 8.5 qq/has, y cuya participación de agricultores orgánicos es del 85.5% (1076 agricultores), tal como se muestra en el anexo 2.5.

2.5.3 Criterios de selección

Definidos los estratos, el paso que sigue es establecer criterios de selección de: i. Las asociaciones y ii. Los agricultores (orgánicos y no orgánicos). Para el primer caso, se empleó entrevistas a profundidad con actores claves. Los expertos consultados fueron los Ingenieros Agrónomos de CEPICAFE, por su conocimiento de la zona del cultivo y de los mismos productores. Según su experiencia recomendaron tomar como criterios la accesibilidad a la zona y la

representatividad de producción orgánica y no orgánica. Las asociaciones seleccionadas se muestran en el anexo 2.12.

El siguiente paso, es la selección de agricultores dentro de las asociaciones seleccionadas, el cual se realizó aleatoriamente en forma sistemática, porque en trabajo de campo se solicita la relación de agricultores que pertenecen a la asociación de manera sistemática. Debido a la estratificación y a los pasos de selección (uno a criterio y otro aleatorio), el muestreo es denominado Estratificado Semi-Probabilístico.

2.5.4 Instrumentos de colecta de datos

Si bien el principal instrumento de recolección de información fue el cuestionario, la investigación también empleó otros instrumentos de recojo de información como entrevistas a expertos y productores (convencionales y orgánicos) las cuales se realizaron previamente al cuestionario y tuvieron como objetivo principal consensuar las preguntas más relevantes sobre las que debería abordar el cuestionario. Dichas entrevistas también sirvieron para establecer algunos aspectos generales de la tesis como fuentes de información secundaria, criterios de análisis, conceptos relevantes para la tesis, entre otros.

Después de ello, se procedió a la recolección de datos a partir del cuestionario de encuesta que se muestra en el **anexo 2.13**. Este cuestionario se dividió en seis secciones, cada una buscó contener preguntas específicas de tal manera de profundizar en cada tema, tal como se detalla a continuación:

- Datos generales y socioeconómicos: que den cuenta de aspectos demográficos como sexo, edad, nivel de educación y socioeconómicos como acceso a crédito, acceso a riego, acceso a asistencia técnica, entre otros.
- Aspectos de producción: se buscó determinar la importancia de las áreas del cultivo del café con respecto a los otros cultivos, la producción y el rendimiento.
- Comercialización: para determinar precios, cantidades de venta e ingresos netos.
- Materiales de uso para el manejo del cultivo de café: para determinar el nivel tecnológico.
- Costo de factores de producción: para hallar los costos de producción, post cosecha y comercialización.
- Variables ambientales: relacionadas al uso de técnicas de conservación y uso de agua.
- Certificación orgánica: para conocer el tiempo de certificación, ventajas y desventajas de la certificación.

2.5.5 Trabajo de campo

El recojo de información a través de encuestas implicó realizar una serie de actividades que aseguren su éxito. Como ya se mencionó implicó la realización de entrevistas a expertos en Lima y Piura y también a productores de café tanto convencional como orgánicos. El trabajo de campo implicó realizar tres visitas a la zona de estudio. La primera fue para explorar, junto los expertos de CEPICAFE, las diferencias más relevantes entre producción orgánica y convencional y tener datos sobre la zona de estudio y la población.

En la segunda visita se tuvo contacto con los productores convencionales y orgánicos de las distintas zonas seleccionadas. Aquí las entrevistas giraron en torno a tres cuestiones básicas: etapas del proceso productivo del café, costos de producción y variables ambientales.

La definición de muestra y la elaboración del cuestionario se realizaron bajo la asesoría de un Ingeniero Estadístico de tal manera de asegurar su pertinencia.

En la tercera visita a la zona de estudio se realizó la toma de encuestas, para lo cual previamente se validó la encuesta con los expertos de CEPICAFE y se capacitó a los encuestadores. Luego de la toma de encuesta se procedió a la limpieza de los datos. No se tuvo encuestas inválidas. El detalle de las acciones realizadas para el trabajo de campo en el cuadro 2.5.

2.5.6 Procedimiento de análisis de datos

Una vez digitados los datos en programa *Microsoft Office EXCEL 2007*, se inició la transformación de variables y la determinación de rangos para las variables cuantitativas. Se realizó transformación de variables y determinación de rangos convenientemente para cada uno de los dos modelos. La transformación de variables se realizó con el programa MINITAB (para el caso de las variables cuantitativas como ingreso y costos) y con el *Microsoft Office EXCEL 2007* para el caso de las variables cualitativas,

La determinación de rangos se realizó a través de árboles de clasificación con el programa SPSS. Estos rangos se establecieron para las variables cuantitativas como edad, ingresos, áreas, rendimiento, producción, experiencia en el cultivo de café, entre otros. El objetivo de emplear estos rangos es facilitar la interpretación de los datos ya que al tratarse de variables continuas dificulta los cruces de variables.

Los cruces y estadísticas descriptivas de las variables se realizaron con el SPSS. Los modelos *logit* y *probit* para hallar los determinantes de la adopción tecnológica y los modelos de eficiencia económica se corrieron con el STATA 11.

En síntesis, se puede decir que la medición de los determinantes de la adopción de la agricultura orgánica se realiza empleando modelos *logit* y *probit*. El uso de cada uno de ellos se considera arbitrario, por lo que en esta investigación se emplean ambos métodos.

Cuadro 2.5. Detalle de acciones relacionadas al trabajo de campo

Actividad	Variabes
Entrevistas a expertos en Lima	-Certificación -Manejo del cultivo de café. -Costos. -Variables ambientales a considerar.
Primera visita a Piura; entrevistas a expertos	-Diferencias entre producción orgánica y convencional. -Definición de zonas de estudio. -Definición de población (rendimiento, producción, área)
Segunda visita a Piura; entrevistas a expertos	-Etapas en el proceso productivo del cultivo de café. -Costos de producción. -Variables ambientales a considerar.
Definición de muestra	-Asesoría con Ing. Estadístico para el proceso de muestreo
Elaboración de cuestionario	-Asesoría de Ing. Estadístico para evitar sesgos en preguntas del cuestionario.
Tercera visita a Piura, entrevistas a expertos	-Validación de cuestionario con expertos de CEPICAFE. -Capacitación a encuestadores. -Toma de encuestas -Limpieza de datos
Capacitación a encuestadores	-Se realizó un taller de capacitación a los encuestadores. Los encuestadores son técnicos de CEPICAFE de amplia experiencia en el cultivo, conocedores de la zona y de los productores, de tal manera de asegurar respuestas coherentes.
Toma de encuestas	Tuvo una duración de semana y media. Se supervisó cada una de las zonas.
Limpieza de datos	Una vez tomadas las encuestas, se procedió a limpiar los datos con cada uno de los encuestadores de tal manera de reducir al máximo o eliminar los campos vacíos e incoherentes. De este modo, no se tuvo encuestas inválidas.
Digitación de datos	Se realizó en el programa Excel.
Toma de muestra de suelos	La información necesaria para determinar el costo de balance de nutrientes se realizó a partir de muestras de análisis de suelos (06) a distritos representativos de productores orgánicos y convencionales de manera de poder extrapolar a toda la muestra.

Elaboración propia.

Los trabajos sobre eficiencia económica emplean técnicas paramétricas (desarrollos econométricos) y no paramétricas (programación matemática), la primera comúnmente denominada frontera estocástica de producción (FEP) y análisis envolvente de datos, la segunda.

La diferencia a priori, radica en que la FEP impone una forma funcional para presentar la tecnología e incorporar un error de especificación que incluya la presencia de perturbaciones estocásticas. Sin embargo las DEA se valen de técnicas de programación matemática que no incorporan la presencia de ruido estadístico, además que no impone ninguna especificación funcional. Esto lleva al DEA a que sus resultados sean muy sensibles a errores de medida y de especificación del modelo. El DEA es una técnica empleada para medir la eficiencia en situaciones donde las unidades de decisión evaluados ofrecen múltiples outputs y utilizan múltiples inputs. En su caso la FEP presenta dificultades para la medición de este tipo de situaciones, más no para la determinación de la eficiencia de un solo output, la ventaja sustancial de esta técnica radica en que dado su enfoque econométrico trata de separar los errores explicados por medición y por ineficiencia. Por tanto, la técnica FEP es preferible su adopción para la determinación de la eficiencia económica del café orgánico en Piura.

Capítulo 3. Análisis comparativo de los productores de café convencional y orgánico

Este capítulo presenta el análisis comparativo de los productores de café convencional y orgánico. Las variables de análisis son socioeconómicas, productivas, ambientales y actitudinales. Después de ello, se presentan algunas conclusiones.

3.1 Variables socioeconómicas

3.1.1 Sexo y edad

A partir del análisis de las encuestas tomadas a los productores de café, se puede mencionar que las variables demográficas como sexo y edad no son relevantes para la adopción de producción orgánica. Por lo tanto, no habría una tendencia a ser mujer y/o joven para producir orgánicamente. Esto se debe a la poca población joven existente en la zona, según se observa en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Productores de café según sexo y edad

Productor	Sexo			Edad		
	Hombres	Mujeres	Total	Menor igual a 46 años	Mayor a 46 años	Total
Convencional	68%	32%	100%	43%	57%	100%
Orgánico	15%	85%	100%	20%	80%	100%
Total	25%	75%	100%	29%	71%	100%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

3.1.2 Tipo de propiedad y acceso a crédito

Con respecto al tipo de propiedad, son los productores orgánicos los que tienen propiedad individual en mayor proporción que los productores convencionales (69% y 8% respectivamente). Los productores convencionales tienen principalmente propiedad comunal (92%). Con respecto al acceso a crédito se corrobora que son los productores orgánicos quienes tienen mayor acceso a éste servicio que los convencionales (81% y 63% respectivamente). De aquí se constata que efectivamente son los productores orgánicos aquellos que tienen mejores indicadores socioeconómicos, según se observa en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Productores de café según tipo de propiedad y acceso a crédito

Productor	Tipo de propiedad			Acceso a crédito		
	Individual	Comunal	Total	Si accede	No accede	Total
Convencional	8%	92%	100%	63%	37%	100%
Orgánico	69%	31%	100%	81%	19%	100%
Total	63%	38%	100%	74%	26%	100%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

3.2 Variables productivas

3.2.1 Superficie y rendimiento

El café constituye la principal fuente de ingresos de los agricultores de la zona estudiada, siendo los productores orgánicos los que cuentan con mayor superficie y rendimientos de café (mayores a 4qq/ha). Ambos tipos de productores destinan el total de sus hectáreas a actividades productivas: que incluye las actividades agrícolas como el café y otros productos agrícolas como la panela, cacao, granadilla, naranja, plátano, maracuyá y guanábana, y a actividades no productivas como las actividades ganaderas y producción de manera en cantidades no significativas o de autoconsumo, que no generan ingresos o que son poco significativos. Se observa que el productor orgánico destina una proporción menor de hectáreas a la producción de café en comparación con el productor convencional y que en ambos casos las hectáreas no productivas son más del 50% del total de áreas.

El superficie promedio de has destinadas a café son de 2 y 2.5 para el productor convencional y orgánico respectivamente (ver cuadro 3.3).

Cuadro 3.3 Productores de café según distribución tipo de área (%) y área promedio (has.)

Productor	Tipo de Área				Área promedio			
	No productiva	Café	Otros productos agrícolas	Total	No productiva	Café	Otros productos agrícolas	Total
Convencional	50%	44%	6%	100%	2.3	2.0	0.3	4.7
Orgánico	59%	30%	11%	100%	4.7	2.5	0.9	8.0
Total	65%	30%	5%	100%	3.5	2.25	0.6	6.35

Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

El rendimiento de café se midió en qq/ha³⁶ observándose que para el 55% de los productores convencionales es menor a 2 mientras que el 51% de los productores orgánicos cuenta con un rango de 4 a 10. Es decir los productores orgánicos presentan mayores rendimientos en promedio que los productores convencionales (ver anexo 3.1).

3.2.2 Uso de fertilizantes y uso de agua

El estudio ha considerado como factores de producción al uso de fertilizantes, la mano de obra y el uso de agua. Las maquinarias son artesanales y dan cuenta de un bajo nivel tecnológico para ambos casos (café convencional y orgánico), por ello no fueron relevantes al momento del análisis. En cuanto a los abonos y fertilizantes, los productores orgánicos utilizan el guano de isla, sulfomag, roca fosfórica y fertimar. Cada uno de estos cuatro insumos contiene los seis macronutrientes analizados para el balance de nutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre. Los productores convencionales se caracterizan por usar fertilizantes químicos o no permitidos en la producción orgánica, por no emplear ningún tipo de fertilizante o por emplear los fertilizantes usados por los orgánicos pero en dosis inferiores o inapropiadas. Esto va ligado al menor acceso a servicios de asistencia técnica que tienen. La mano de obra es más intensa para el caso de productores orgánicos pues se requiere mayores labores.

El uso de agua es otro factor importante. El nivel tecnológico en el riego es limitado el 93% de los productores emplean el riego por gravedad, sólo el 7% emplean el riego por aspersión. El agua es un factor importante en la producción y también en la post-cosecha, pues se requiere para el lavado del café. El estudio ha considerado el uso total de agua para todo el proceso de producción de café pergamino. Son los productores orgánicos los que demandan más agua en el proceso de producción, seguramente por la mayor exigencia en el beneficio del café (el 77% emplea más de 3000 m³/ha/año, frente a un 28% de los convencionales), según se observa en el cuadro 3.4.A Los rangos (menor igual a 3000 m³/ha/año y mayor a ese valor) no son valores arbitrarios sino se establecieron a través de árboles de clasificación con el programa SPSS.

³⁶ Un quintal equivale a 46 Kg.

Cuadro 3.4.A Productores de café según tipo de riego y uso de agua

Productor	Tipo de riego			Uso de agua en m3/ha/Año		
	Gravedad	Aspersión	Total	Menor igual 3000 m3/ha/Año	Mayor a 3000 m3/ha/Año	Total
Convencional	92%	8%	100%	72%	28%	100%
Orgánico	94%	6%	100%	23%	77%	100%
Total	93%	7%	100%	41%	59%	100%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Si bien el cuadro 3.4 A brinda una aproximación sobre el uso o consumo de agua de los productores de café, es necesario tener un valor referencial que sirva para comparar el uso de agua encontrado en la zona de estudio. Para ello, en la tabla 3.4 B se presentan estadísticas descriptivas de ambos tipo de producción. Se observa que el promedio de uso de agua de productores orgánicos es de más de 9,000 m3/ha/año mientras que para productores convencionales es de 3,400 m3/ha/año.

Cuadro 3.4 B. Uso o consumo de agua para el café según tipo de productor (m3/ha/año)

Productor	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Convencionales	60	300	30000	3400.83	4613.470
Orgánicos	100	200	35000	9462.28	7717.310

Fuente: Elaboración propia

Si se comparan estos valores con el uso promedio para otros cultivos se podría afirmar que está dentro de un uso considerado aceptable ya que por ejemplo se considera que el espárrago tiene uso excesivo de agua, según se observa en el cuadro 3.4 C.

No se encontró información disponible del uso de agua para café en otra zonas en Perú pero una valor que sirve de referencia es el de Chapagain et al en el 2004, quienes determinan la huella hídrica de diferentes cultivos y países. En este estudio se cuantificó que el uso de agua de café verde es de aproximadamente 17,373 m3/ TM. y del café procesado es de 20,682 m3 / TM. que convertidos (éste último) a m3/ha resulta 9,200 m3/ha. De este modo, el uso promedio de agua de productores convencionales y orgánicos se encuentra en un rango aceptable de consumo de agua comparado con el promedio mundial.

Cuadro 3.4 C. Requerimiento de agua de principales cultivos de exportación en Ica Perú

Cultivo	Consumo Agua (m3/ha/Año)
Espárrago	22,000
Uva	7,500
Ají-páprika	10,000
Paltas	7,200
Tomate	45,000
Alcachofa	13,000

Fuente: Rendón, 2010.

3.3 Variables de mercado

3.3.1 Venta de café

Ambos productores venden el café a CEPICAFE, intermediarios y a otros agentes (mercados o ferias ocasionales), pero para ambos casos es CEPICAFE el principal comprador (el 82% y 57% de productores orgánicos y convencionales respectivamente venden el café a esta Asociación). El 76% de productores orgánicos venden volúmenes altos (mayores a 6qq) a CEPICAFE mientras que el 56% de productores convencionales venden a CEPICAFE los volúmenes más bajos (menos de 4 qq), según se observa en los anexos 3.2 y 3.3.

3.3.2 Ingresos derivados del café

El ingreso promedio anual para los productores convencionales es de S/. 4,645. En promedio el 51.7 % del total de ingresos de los productores son obtenidos por los ingresos de café, 39.7% de otras actividades y 8.7% de otros productos agrícolas. Para el caso de los productores orgánicos, el ingreso promedio anual es de 11,341 (más del doble que para el caso de los convencionales). El 71.9% de este ingreso le corresponde al café, el 17.2% a otros productos agrícolas y el 10.9% a otras actividades como ganadería, venta de mano de obra, servicios. Se constata para ambos casos (convencionales y orgánicos) la importancia del café en la generación de ingresos siendo las demás actividades agrícolas y las otras actividades complementarias en la generación del ingreso familiar (ver anexos 3.4 y 3.5).

El diferencial en el nivel de ingresos es explicado por el precio promedio, ya que el productor orgánico, percibe en promedio S/. 50 más que el convencional, en CEPICAFÉ. Este diferencial es mayor en otros agentes (intermediarios y ferias), según se observa en el anexo 3.6.

3.3.3 Costos de producción

El costo por ha. del proceso productivo (producción y post-cosecha) se desagregó en dos rangos menor igual a S/1360 por ha y mayor a S/1360 por ha. Se puede constatar que los productores orgánicos presentan mayores costos de producción pues el 62% de ellos tienen costos mayores a S/1360 por ha mientras que sólo el 3% de los convencionales presentan esta tendencia, según se observa en el anexo 3.7.

Los costos de producción están referidos a los costos de mantenimiento de la plantación, renovación y rehabilitación. Los costos de cosecha y post-cosecha se refieren a los costos de mano de obra por la cosecha de cerezo hasta la producción del café pergamino, los costos por insumos se refiere a los costos por fertilizantes y abonamiento antes mencionados y los otros gastos se refieren a los gastos en equipos o alquiler de máquinas que por ser de 3% para ambos casos se consideraron despreciables para éste análisis. Esto se explica por el bajo nivel tecnológico existente en la zona. En esta sección no se ha considerado el costo del agua, pues requiere de un desarrollo metodológico que se realiza en el siguiente capítulo. Se constata que los mayores costos para el caso de los orgánicos se encuentran en los insumos (38%) mientras que para los convencionales es más importante el costo de producción (44%) (ver anexo 3.8).

3.4 Variables de capital humano

3.4.1 Educación

En lo que respecta a educación, Destaca que los agricultores orgánicos tienen mayor grado de instrucción que los convencionales, ya que solo el 1% no tiene grado de instrucción. Se observa también que la diferencia entre el porcentaje de agricultores orgánicos y convencionales en los diferentes niveles de educación no es muy significativa, sin embargo cabe resaltar que ningún productor orgánico presenta educación técnica o superior mientras que el 5% de los productores convencionales presenta este tipo de educación, según se observa en el anexo 3.9).

3.4.2 Experiencia en el cultivo del café

Con respecto a la experiencia en el cultivo, el 50% de productores convencionales tiene menos de 20 años de experiencia, en cambio el 56% de los productores orgánicos cuentan con más de 20 años de experiencia. Esto refleja que los agricultores que tienen más años de experiencia son los que han logrado certificarse (ver anexo 3.10).

3.5 Variables actitudinales

El 95% de los productores orgánicos reciben asistencia técnica mientras que los productores convencionales reciben en un 33% dicha asistencia. Asimismo, los

productores orgánicos, reciben la asistencia técnica principalmente de CEPICAFE (92%) mientras que los convencionales reciben la asistencia de otras instituciones (ver cuadro 3.5). Esto porque los productores orgánicos (es decir que se certifican) tienen beneficios que les ofrece CEPICAFE relacionados con la asistencia técnica, entrega de abonos, fertilizantes, pasantías, etc.

Cuadro 3.5 Productores de café según Acceso a Asistencia Técnica (AT) e institución que brinda AT

Productor	Acceso a Asistencia Técnica			Institución que brinda la A.T		
	No	Si	Total	CEPICAFE	Otro	Total
Convencional	67%	33%	100%	27%	73%	100%
Orgánico	5%	95%	100%	92%	8%	100%
Total	28%	72%	100%	68%	33%	100%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Asimismo, el 65% de los productores orgánicos accede más de dos veces al año al servicio de asistencia técnica, mientras que para el caso de los convencionales los que acceden más de dos veces al años a éste servicio es sólo el 15% (ver cuadro3.6). Los temas de capacitación son diversos y pueden ser de tipo Técnico productivo, post cosecha, comercialización y de producción orgánica.

Cuadro 3.6 Productores de café según frecuencia de la Asistencia Técnica (AT)

Productor	Frecuencia de la Asistencia Técnica				Total
	No accede	Accede una vez	Accede dos veces	Accede más de dos veces	
Convencional	65%	7%	13%	15%	100%
Orgánico	4%	7%	24%	65%	100%
Total	27%	7%	20%	46%	100%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Respecto a técnicas de conservación, del total de productores de café encuestados, , el 100% de los productores orgánicos las emplea (ya sea conservación de suelos, pozos de agua, manejo de desechos, manejo de aguas), sin embargo para los productores convencionales, solo un 60% de ellos usa técnicas de conservación de suelo, un 40% emplea pozos de agua, un 57% realiza

manejo de aguas, siendo la técnica mas empleada la de manejo de desechos (70%), según se observa en los anexos 3.11 y 3.12).

La propensión a innovar fue medida como la importancia que le dan los productores a la certificación orgánica. Los productores convencionales consideran a la certificación orgánica entre importante y muy importante en sólo un 12% mientras que los orgánicos en un 58%. Se asume que aquellos que consideran a la certificación orgánica entre muy importante e importante son los más propensos o dispuestos a innovar (ver anexo 3.13)

Con respecto a los motivos de certificación, contrariamente a lo esperado son los productores convencionales quienes tendrían más motivos ambientales que los productores orgánicos (75% y 62% respectivamente). La interpretación sería que justamente los productores convencionales no se han certificado pues consideran suficientes sus ingresos o no ven mucha variación entre los precios percibidos por la venta de café orgánico, o si bien existe ese diferencial no compensa la mano de obra requerida y los aspectos de gestión necesarios para la producción orgánica³⁷. Analizando según los productores orgánicos se puede decir que los motivos que los llevaron a la certificación no fueron exclusivamente aspectos de mercado sino también los ambientales (ver cuadro 3.7).

Se constata que los productores convencionales no presentan capacidad de gestión (100%) mientras que el 38% de los productores orgánicos evidencian tener capacidad de gestión. Cabe señalar que la capacidad de gestión fue medida con la pregunta cual considera el principal problema o limitación de la certificación orgánica teniéndose entre las respuestas la gestión y los costos. Los que respondieron gestión son aquellos que no presentan capacidad de gestión y los que respondieron costos son aquellos que si presentan capacidad pues no ven a la gestión como un limitante (ver cuadro 3.7).

³⁷ En diversas entrevistas los productores convencionales mencionaron que no tienen mayores incentivos económicos por certificar, pues los precios del café orgánico cada vez se igualan más al café convencional. Otro aspecto que desalienta la certificación es que sienten engorrosos y difíciles los trámites administrativos requeridos por las empresas certificadoras.

Cuadro 3.7 Productores de café según motivo de certificación y capacidad de gestión

Productor	Motivo de certificación			Capacidad de gestión		
	Ambiental	Mercado	Total	Si	No	Total
Convencional	75%	25%	100%	0%	100%	100%
Orgánico	62%	38%	100%	38%	62%	100%
Total	67%	33%	100%	24%	76%	100%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

3.6 Análisis y discusión de resultados

A partir del análisis de las encuestas tomadas a los productores de café, se puede mencionar que las variables demográficas como sexo y edad no son relevantes para la adopción de producción orgánica. Por lo tanto, no habría una tendencia a ser mujer y/o joven para producir orgánicamente. Esto se debe a la poca población joven existente en la zona.

Se constata que efectivamente son los productores orgánicos aquellos que tienen mejores indicadores socioeconómicos como acceso a crédito.

Se observa que el productor orgánico destina una proporción menor de hectáreas a la producción de café en comparación con el productor convencional y que en ambos casos las hectáreas no productivas son más del 50% del total de áreas. Sin embargo, los productores orgánicos presentan mayores rendimientos en promedio que los productores convencionales.

Los productores convencionales se caracterizan por usar fertilizantes químicos o no permitidos en la producción orgánica, por no emplear ningún tipo de fertilizante o por emplear los fertilizantes usados por los orgánicos pero en dosis inferiores o inapropiadas. Esto va ligado al menor acceso a servicios de asistencia técnica que tienen. La mano de obra es más intensa para el caso de productores orgánicos pues se requiere mayores labores.

El uso de agua es otro factor importante. El nivel tecnológico en el riego es limitado el 93% de los productores emplean el riego por gravedad, sólo el 7% emplean el riego por aspersión. El agua es un factor importante en la producción y también en la post-cosecha, pues se requiere para el lavado del café. El estudio ha considerado el uso total de agua para todo el proceso de producción de café pergamino. Son los productores orgánicos los que demandan más agua en el proceso de producción, seguramente por la mayor exigencia en el beneficio del café (el 77% emplea más de 3000 m³, frente a un 28% de los convencionales).

Se constata para ambos casos (convencionales y orgánicos) la importancia del café en la generación de ingresos siendo las demás actividades agrícolas y las otras actividades complementarias en la generación del ingreso familiar. Asimismo, el diferencial en el nivel de ingresos es explicado por el precio promedio, ya que el productor orgánico, percibe en promedio s/. 50 más que el convencional, en CEPICAFÉ. Este diferencial es mayor en otros agentes (intermediarios y ferias).

Se constata que los mayores costos de producción para el caso de los orgánicos se encuentran en los insumos (38% frente a 16% para convencionales) mientras que para los convencionales es más importante el costo de producción que el pos-cosecha, lo cual es opuesto para los productores orgánicos.

En lo que respecta a educación, destaca que los agricultores orgánicos tienen mayor grado de instrucción que los convencionales, ya que solo el 1% no tiene grado de instrucción. Se observa también que la diferencia entre el porcentaje de agricultores orgánicos y convencionales en los diferentes niveles de educación no es muy significativa, sin embargo cabe resaltar que ningún productor orgánico presenta educación técnica o superior mientras que el 5% de los productores convencionales presenta este tipo de educación.

Con respecto a la experiencia en el cultivo, el 50% de productores convencionales tiene menos de 20 años de experiencia, en cambio el 56% de los productores orgánicos cuentan con más de 20 años de experiencia. Esto refleja que los agricultores que tienen más años de experiencia son los que han logrado certificarse.

El 95% de los productores orgánicos reciben asistencia técnica mientras que los productores convencionales reciben en un 33% dicha asistencia. Asimismo, los productores orgánicos, reciben la asistencia técnica principalmente de CEPICAFE (92%) mientras que los convencionales reciben la asistencia de otras instituciones. Esto porque los productores orgánicos (es decir que se certifican) tienen beneficios que les ofrece CEPICAFE relacionados con la asistencia técnica, entrega de abonos, fertilizantes, pasantías, etc.

Respecto a técnicas de conservación, del total de productores de café encuestados, el 100% de los productores orgánicos las emplea (ya sea conservación de suelos, pozos de agua, manejo de desechos, manejo de aguas), sin embargo para los productores convencionales, solo un 60% de ellos usa técnicas de conservación de suelo, un 40% emplea pozos de agua, un 57% realiza manejo de aguas, siendo la técnica más empleada la de manejo de desechos (70%).

La propensión a innovar fue medida como la importancia que le dan los productores a la certificación orgánica. Los productores convencionales consideran a la certificación orgánica entre importante y muy importante en sólo

un 12% mientras que los orgánicos en un 58%. Se asume que aquellos que consideran a la certificación orgánica entre muy importante e importante son los más propensos o dispuestos a innovar.

Con respecto a los motivos de certificación, contrariamente a lo esperado son los productores convencionales quienes tendrían más motivos ambientales que los productores orgánicos (75% y 62% respectivamente). La interpretación sería que justamente los productores convencionales no se han certificado pues consideran suficientes sus ingresos o no ven mucha variación entre los precios percibidos por la venta de café orgánico, o si bien existe ese diferencial no compensa la mano de obra requerida y los aspectos de gestión necesarios para la producción orgánica. Analizando según los productores orgánicos se puede decir que los motivos que los llevaron a la certificación no fueron exclusivamente aspectos de mercado sino también los ambientales.

Se constata que los productores convencionales no presentan capacidad de gestión (100%) mientras que el 38% de los productores orgánicos evidencian tener capacidad de gestión. Cabe señalar que la capacidad de gestión fue medida con la pregunta cual considera el principal problema o limitación de la certificación orgánica teniéndose entre las respuestas la gestión y los costos. Los que respondieron gestión son aquellos que no presentan capacidad de gestión y los que respondieron costos son aquellos que si presentan capacidad pues no ven a la gestión como un limitante.

Capítulo 4. Análisis de la aceptación de los productores de café para las técnicas agrícolas orgánicas

Este capítulo tiene como objetivo realizar el análisis de la adopción tecnológica de producción orgánica de los productores cafetaleros. Para ello, primero se presenta el modelo, después el análisis descriptivo de variables, luego los resultados del modelo y finalmente las conclusiones.

4.1 Antecedentes

Paralelamente al incremento de la demanda mundial y de mercados para la producción orgánica, las exigencias han ido aumentando, incorporando el cambio tecnológico y la certificación como aspectos imprescindibles. Dichas exigencias implican a su vez la inversión en capital humano como factor explicativo de la competitividad para acceder a estos nuevos mercados. Esta inversión para el caso de la producción orgánica, ha sido promovida principalmente por ONG' s y empresas privadas y en menor medida por el Estado, tratándose muchas veces de acciones aisladas y a menor escala³⁸ y no como una política pública bien estructurada que fomente la conversión a producción orgánica como una estrategia de desarrollo local sustentable. También implican el acceso a servicios financieros que constituye una limitación de los pequeños productores agrícolas en el país. De este modo, aspectos como características socioeconómicas, culturales, etc., pueden influir o limitar la adopción de las prácticas orgánicas y consecuentemente el acceso a los exigentes mercados mencionados.

Así, es importante medir los determinantes o factores de la adopción de las prácticas agrícolas orgánicas pues ayuda a medir la sustentabilidad de las mismas para poder contribuir a la toma de decisiones de políticas públicas de promoción de prácticas orgánicas a mayor escala teniendo como supuesto que la sustentabilidad de las prácticas orgánicas contribuye al desarrollo local.

La medición de los determinantes de la adopción de la agricultura orgánica se realiza empleando modelos *logit* y *probit*. El uso de cada uno de ellos se considera arbitrario, por lo que en esta investigación se emplean ambos métodos y se discuten los resultados. Es importante resaltar que se estima el efecto impacto para cada uno de los métodos. Se midieron las variables influyentes en la adopción: las variables estructurales y las actitudinales. El hecho que las variables actitudinales influyan significativamente, denota una tecnología sustentable en tanto mide la aceptabilidad o aplicabilidad de dicha tecnología por los usuarios.

³⁸ A fines de los 80's, con los cambios en el contexto internacional y modificaciones del marco regulatorio interno se genera una crisis del sector público en el Perú y otros países de América Latina, visualizados en restricciones presupuestales por lo cual los servicios para la agricultura, principalmente de extensión se vieron severamente reducidos. Así, la inclusión de nuevos actores (ONGs y empresas privadas) como oferentes de servicios de extensión se hizo relevante.

La zona seleccionada para el estudio es el departamento de Piura. Aproximadamente el 40% del total de cafetaleros de Piura están asociados a la Central Piurana de Cafetaleros- CEPICAFE³⁹. Esta entidad brinda servicios de capacitación a sus asociados que son productores orgánicos y convencionales, a través del acceso a fondos de cooperación internacional y públicos. De esta manera la asociatividad implica una vía para acceder a servicios de capacitación y asistencia técnica. Asimismo, CEPICAFE cuenta con una caja que brinda préstamos a sus asociados ya que la gran mayoría de pequeños productores no puede acceder a créditos.

Se empleó un tamaño de muestra de 160 desagregadas entre 60 productores convencionales y 100 productores orgánicos⁴⁰. Mayor detalle sobre aspectos metodológicos en el capítulo II.

4.2 El modelo

Conocidas las principales variables estructurales y actitudinales (analizadas en el capítulo IV) se procedió a seleccionar aquellas que serían incluidas en el modelo de adopción tecnológica. Esta selección se hizo teniendo en cuenta la revisión de literatura, ya que según ésta, gran parte de los estudios coinciden en que es importante considerar como determinantes de la adopción de tecnologías limpias a las variables estructurales (edad, educación, tamaño de familia, tamaño de granja, entre otras), sin embargo éstas no necesariamente están correlacionadas (de manera significativa) con la adopción. Por ello, es importante considerar variables medidas a través de la información que puedan tener los productores sobre los problemas ambientales, según lo señala D'Souza et al (1993). En torno a éste punto, diversos autores enfatizan la importancia de incorporar al análisis las características actitudinales (la actitud para la innovación, decisión de acceder a capacitación, capacidad de gestión, entre otros) y las percepciones sobre la tecnología y los problemas ambientales (He et. al. , 2008; Davies y Hodge, 2006; Ajayi, 2007, Diederer et al, 2003) pues resultan ser más importantes para la adopción que las variables estructurales.

Con relación a las variables económicas o financieras, tomando en consideración lo propuesto por Arellanes y Lee (2003) los ingresos del hogar no constituyen un factor determinante de la adopción cuando se trata de tecnologías de bajo costo, sin embargo para el caso en estudio sí debe ser considerado pues la certificación supone un alto costo. El acceso al crédito también es un factor relevante según lo encontró He et al (2008).

³⁹ Entidad gremial, cuya experiencia incluye una propuesta de diversificación de la producción con el fin de incrementar los ingresos de los productores. De esta manera viene impulsando además del café, la producción también de cacao, panela, mermeladas y jugos.

⁴⁰ Se emplea un nivel de error de 0.075, que significa un nivel de incertidumbre moderada por la naturaleza del estudio. Esto se hace para reducir el tamaño de muestra por tema de limitaciones en costos. **El nivel de confianza** es del 92.5%.

Por su parte Perret y Stevens, 2006, encontraron a los derechos de propiedad y a la acción colectiva como variables significativas. Ésta última, es relevante para el caso peruano pues se ha comprobado que existe una relación entre pertenencia a organización y adopción de prácticas orgánicas. Los derechos de propiedad se mide en la investigación a través del tipo de propiedad sin embargo la acción colectiva o asociatividad es inherente a la organización pues todos los productores (orgánicos y convencionales) son parte de la asociación.

Varios autores también enfatizan la relación entre el acceso a información y la comunicación como aspectos importantes para la adopción, medido principalmente en acceso a servicios de extensión (asistencia técnica, capacitación) y fuentes de información sin discriminar entre pública o privada (Genius et al, 2006; Defrancesco et al, 2008; He et. al. , 2008; Diederer et al, 2003).

Lee, 2005 señala que las políticas son variables determinantes en la adopción de tecnologías de países en desarrollo, sin embargo ésta variable ha sido medida como acceso a servicios de extensión y capacitación que es como se operativiza la implementación de políticas de promoción de la producción orgánica que se ha dado en el Perú con financiamiento público como privado internacional (caso de CEPICAFE).

Esta investigación toma algunos alcances de los trabajos revisados. Por ejemplo se agrupa a las variables explicativas de la adopción en dos segmentos: i. las estructurales: relacionadas a edad, educación, tamaño de familia, experiencia en el cultivo de café, extensión de terreno, posesión de títulos de propiedad, extensión de terreno dedicado destinada al café, acceso a crédito y nivel de ingresos, ii. Las ambientales: centradas en las percepciones sobre problemas ambientales y las actitudes frente a la innovación (decisión de acceder a información, acceso a servicios de extensión, fuentes de información, valoración de información, entre otras.

A partir de ésta clasificación se consideraron doce variables como se muestra en el cuadro 4.1, es decir se estableció que la adopción de café orgánico está en función de la edad del productor, el ingreso, la extensión del terreno, acceso a crédito, experiencia en el cultivo de café, tipo de propiedad, nivel de educación, frecuencia de la asistencia técnica, uso de técnicas de conservación, propensión a innovar, motivos de la certificación y capacidad de gestión.

Cuadro 4.1. Descripción de variables del modelo de adopción de agricultura orgánica

Dimensión	Variable	Unidad	Tipo de Variable	Valores	Signo esperado
Dependiente	Y: Adopción de tecnología		Dicotómica	Adopta tecnología orgánica=1 No adopta tecnología orgánica=0	
Independientes Estructurales del agricultor y del predio (socioeconómicas)	X ₁ : Edad	Años	Continua		-
	X ₂ : Ingreso	Nuevos soles	Continua		+
	X ₃ : Extensión de terreno	Has.	Continua		+
	X ₄ : Acceso a crédito		Dicotómica	1= Si posee 0= No posee	+
	X ₅ : Experiencia en el cultivo de café	Años	Continua		+
	X ₆ : Propiedad individual		Dicotómica	0= Comunal 1= Individual	
	X ₇ : Nivel de educación	Años	Continua		+
Independientes Actitudinales	X ₈ : Frecuencia de asistencia técnica		Categórica		+
	X ₉ : Uso de técnicas de conservación		Categórica	0= no usa técnicas 1= usa 1 técnica 2= usa 2 técnicas 3=usa tres técnicas	+
	X ₁₀ : Propensión a innovar		Categórica	1=Nada importante 2=Poco importante 3=Medianamente importante 4=Importante 5=Muy importante	+
	X ₁₁ : Motivos de certificación		Dicotómica	0=Aspectos de mercado (precios, mercado) 1=Aspectos ambientales (biodiversidad, suelos, agua)	+
	X ₁₂ : Capacidad de gestión		Dicotómica	1=Si tiene capacidad 0=No tiene capacidad	+

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Análisis descriptivo de las variables y análisis de correlaciones

El cuadro 4.2 muestra los estadísticos descriptivos de las variables. Los resultados de las estadísticas descriptivas indican que todas las variables numéricas se distribuyen de manera normal excepto las variables dicotómicas y policotómicas, es decir no se rechaza la hipótesis nula de normalidad ya que las probabilidades asociadas al test de Jarque-Bera son mayores a 0.05 (cuadro 4.2). Por tanto, se puede realizar inferencia estadística con las variables analizadas. Es importante mencionar que la variable X2 y X3 fueron transformadas a logaritmo natural puesto que en niveles no se distribuía de manera normal.

Cuadro 4.2 .Estadísticos Descriptivos y Prueba de Normalidad de Jarque Bera

	X1	LOGX2	LOGX3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Media	54.59	8.23	0.69	0.74	29.68	0.46	5.46	4.92	2.49	3.21	0.67	0.24
Mediana	53.00	8.32	0.69	1.00	30.00	0.00	5.00	6.00	3.00	3.00	1.00	0.00
Máximo	87.00	10.34	2.20	1.00	58.00	1.00	16.00	10.00	3.00	5.00	1.00	1.00
Mínimo	25.00	5.30	-0.69	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Desviación St.	13.45	1.05	0.51	0.44	12.87	0.50	3.98	3.20	0.98	1.12	0.47	0.43
Jarque-Bera	4.32	4.37	0.99	37.03	5.01	26.67	10.50	21.68	90.60	3.74	28.43	42.11
Probabilidad	0.12	0.11	0.61	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se realizó el análisis de la matriz de correlaciones entre las variables explicativas. En el cuadro 4.3 los resultados indican que las variables X1, LOGX2, LOGX3 y X5 y X7 están correlacionadas en un rango de (0.6, 0.7) en promedio aproximadamente. El resto de variables tiene un grado de correlación bajo (menor a 0.5). Estas variables que están altamente correlacionadas pueden ocasionar que los errores estándar estén sobrevaluados ocasionando problemas de inferencia estadísticas. Ello podría ocasionar distorsiones en los signos esperados de las variables regresoras. Se estimó el modelo con todas las variables regresoras y se eliminaron aquellas que presentaron signos no esperados.

Cuadro 4.3: Matriz de Correlaciones

	X1	LOGX2	LOGX3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1.00	0.15	0.27	-0.17	0.69	0.16	-0.65	0.06	0.07	0.05	0.05	0.11
LOGX2	0.15	1.00	0.60	0.19	0.36	0.60	0.07	0.44	0.43	0.38	-0.12	0.21
LOGX3	0.27	0.60	1.00	0.10	0.37	0.28	-0.07	0.21	0.20	0.08	0.00	0.14
X4	-0.17	0.19	0.10	1.00	-0.13	0.11	0.23	0.13	0.24	-0.05	0.04	0.23
X5	0.69	0.36	0.37	-0.13	1.00	0.30	-0.51	0.27	0.16	0.19	-0.04	0.13
X6	0.16	0.60	0.28	0.11	0.30	1.00	0.00	0.41	0.47	0.37	0.04	0.19
X7	-0.65	0.07	-0.07	0.23	-0.51	0.00	1.00	0.00	0.01	0.06	-0.10	-0.12
X8	0.06	0.44	0.21	0.13	0.27	0.41	0.00	1.00	0.56	0.52	-0.18	0.13
X9	0.07	0.43	0.20	0.24	0.16	0.47	0.01	0.56	1.00	0.37	-0.13	0.29
X10	0.05	0.38	0.08	-0.05	0.19	0.37	0.06	0.52	0.37	1.00	-0.24	0.12
X11	0.05	-0.12	0.00	0.04	-0.04	0.04	-0.10	-0.18	-0.13	-0.24	1.00	0.02
X12	0.11	0.21	0.14	0.23	0.13	0.19	-0.12	0.13	0.29	0.12	0.02	1.00

Fuente: Elaboración Propia

Como la variable dependiente es dicotómica o binaria ($Y=1$ si el productor adopta tecnología orgánica y $Y=0$ si no adopta tecnología), la relación entre las variables explicativas y la variable dependiente es no lineal. Por tanto, para estimar este modelo no lineal con variable dependiente binaria se utilizó el estimador de máxima verosimilitud a través de modelos *probit* (asume que el error se distribuye de manera normal) y *logit* (si se asume que el error tiene una distribución logística).

4.4 Resultados del modelo

La investigación desarrolló las estimaciones de modelos *logit* y *probit*. Estas estimaciones tiene la principal característica sobre los modelos de probabilidad lineal (MPL) que las probabilidades predichas se encuentran dentro del rango (0,1). El modelo general estimado es el siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{11i} + \beta_2 X_{21i} + \beta_3 X_{31i} + \beta_4 X_{41i} + \beta_5 X_{51i} + \beta_6 X_{61i} + \beta_7 X_{71i} + \beta_8 X_{81i} + \beta_9 X_{91i} + \beta_{10} X_{101i} + \beta_{11} X_{111i} + u_i$$

Es importante mencionar que no se incluyó en el modelo la variable X_{121i} (capacidad de gestión) en las estimaciones puesto que está exactamente predicha con la variable dependiente desde la observación 100 hasta la 160 y por ende si se incorpora en las estimaciones el software omitirá tal variable. Asimismo, el impacto de cada variable explicativa sobre la probabilidad de adoptar tecnología orgánica no se puede interpretar directamente de los coeficientes del modelo general anterior aunque si será relevante evaluar el signo de cada variable explicativa.

Dado que el modelo general contiene doce variables regresoras potenciales y no se cuenta con una teoría que permita seleccionar a priori un subconjunto de regresores para evaluar el modelo, se utilizó una regresión paso a paso (*stepwise* en inglés) aplicado a los modelos de variable dependiente dicotómica logit y probit. Usar esta metodología permite seleccionar aquel conjunto de predictores que optimizan el ajuste del modelo y/o proporción de varianza explicada de la variable dependiente (bondad de ajuste o R^2).

El cuadro 4.4 muestra los mejores modelos que cumplen con las características requeridas, es decir, que el nivel de significancia por el cual una variable regresora debe incluirse (nivel *forward*) y excluirse (nivel *backward*) del modelo sean 5% y 10%, respectivamente. Por lo tanto, los resultados sugieren eliminar del modelo a las variables x1 (edad), x7 (nivel de educación) y x11 (motivos de certificación), los cuales son altamente no significativa (0.87, 0.57, 0.33 para el modelo logit y 0.85, 0.61 y 0.34 para el modelo probit, respectivamente). Este resultado es consistente ya que estas variables tienen poca significancia debido a la colinealidad existente entre ellas. Por último, se tiene en ambos casos un buen ajuste del modelo puesto que el R^2 McFadden es mayor al 80%.

Cuadro 4.4: Estimaciones Logit, Probit seleccionadas

Variable		Logit	Probit
X9	beta	3.344	1.884
	p-value	0.0445	0.0411
LOGX2	beta	2.631	1.512
	p-value	0.0062	0.0041
LOGX3	beta	-3.767	-2.223
	p-value	0.0140	0.0046
X4	beta	2.301	1.281
	p-value	0.0995	0.0846
X5	beta	0.089	0.051
	p-value	0.0406	0.0442
X6	beta	2.901	1.592
	p-value	0.0318	0.0210
X10	beta	2.400	1.356
	p-value	0.0011	0.0007
X8	beta	0.560	0.296
	p-value	0.0098	0.0082
constante	beta	-42.151	-23.868
	p-value	0.0002	0.0001
McFadden	R^2	0.8382	0.8561

Con respecto a las predicciones correctas del modelo logit o probit estimado es de 95%, con lo cual se considera de un buen poder predictivo ambos modelos (cuadro 4.5).

Cuadro 4.5: Clasificación de predicciones correctas para un modelo logit y probit

Classified + if predicted $\Pr(D) \geq .5$ True D defined as $y \neq 0$		
Sensitivity	Pr(+ D)	96.00%
Specificity	Pr(- ~D)	93.33%
Positive predictive value	Pr(D +)	96.00%
Negative predictive value	Pr(~D -)	93.33%

False + rate for true ~D	Pr(+ ~D)	6.67%
False - rate for true D	Pr(- D)	4.00%
False + rate for classified +	Pr(~D +)	4.00%
False - rate for classified -	Pr(D -)	6.67%

Correctly classified		95.00%

4.5 Discusión y análisis de resultados

Para cuantificar el efecto de las variables explicativas sobre la probabilidad de que los productores adopten la tecnología orgánica se recurre al cálculo de los efectos impacto. En el cuadro 4.6 se muestran los efectos impacto para los modelos logit y probit estimados previamente en el cuadro anterior.

Los resultados indican que en promedio para los modelos logit y probit se tiene una probabilidad de 79.91 y 61.74 por ciento respectivamente para que los productores adopten la tecnología orgánica. Cabe mencionar que en ambos tipos de estimaciones todas las variables son estadísticamente significativas al 20% a excepción de la variable X9.

Cuadro 4.6: Efecto Impacto de las estimaciones Logit, Probit para el Modelo Escogido

Efecto Impacto del modelo Logit

y = Pr(y) (predict)
= .79916195

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
logx2	.4222406	.20385	2.07	0.038	.022695 .821786	8.22819
logx3	-.6046033	.33509	-1.80	0.071	-1.26136 .052154	.69313
x4*	.459585	.31774	1.45	0.148	-.163172 1.08234	.74375
x5	.0143537	.01023	1.40	0.161	-.005704 .034412	29.675
x6*	.4399862	.20353	2.16	0.031	.041068 .838904	.4625
x8	.0899142	.05449	1.65	0.099	-.016885 .196713	4.91875
x9	.5366554	.51689	1.04	0.299	-.476435 1.54975	2.49375
x10	.3852451	.24502	1.57	0.116	-.094993 .865484	3.20625

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

Efecto Impacto del modelo probit

y = Pr(y) (predict)= .61749026

y = Pr(y) (predict)
= .77101962

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
logx2	.4578622	.16484	2.78	0.005	.13479 .780934	8.22819
logx3	-.6731946	.27818	-2.42	0.016	-1.21841 -.127975	.69313
x4*	.4412579	.26091	1.69	0.091	-.070116 .952632	.74375
x5	.0155416	.00939	1.66	0.098	-.00286 .033943	29.675
x6*	.4426777	.1783	2.48	0.013	.093213 .792142	.4625
x8	.0896091	.04138	2.17	0.030	.008504 .170714	4.91875
x9	.5705721	.45572	1.25	0.211	-.322619 1.46376	2.49375
x10	.410791	.19009	2.16	0.031	.038225 .783357	3.20625

(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

La interpretación de los efectos impacto es de la siguiente manera:

- i. Ante un incremento de los **ingresos** en un sol, aumenta la probabilidad de adoptar la tecnología orgánica en 42 y 46 por ciento en promedio para un modelo logit y probit respectivamente.
- ii. Si los productores poseen **acceso al crédito**, aumenta la probabilidad de adoptar la tecnología orgánica en 45.9 y 44 por ciento en promedio para un modelo logit y probit respectivamente.
- iii. Ante un incremento un **año de experiencia** en el cultivo del café, aumenta la probabilidad de adoptar la tecnología orgánica en 1.4 y 1.5 por ciento en promedio para un modelo logit y probit respectivamente.
- iv. Si los productores poseen una **propiedad individual**, aumenta la probabilidad de adoptar la tecnología orgánica en 43.9 y 44.2 por ciento en promedio para un modelo logit y probit respectivamente.

- v. Si los productores **reciben frecuentemente asistencia técnica**, aumenta la probabilidad de adoptar tecnología orgánica en 8.9 por ciento en promedio para un modelo logit y probit respectivamente.
- vi. Si los productores **usan técnicas de conservación**, aumentan la probabilidad de adoptar tecnología orgánica en 53.6 y 57 por ciento en promedio para un modelo logit y probit respectivamente.
- vii. Si para los productores es muy importante la **propensión a innovar**, aumentan la probabilidad de adoptar tecnología orgánica en 38 y 41 por ciento en promedio para un modelo logit y probit respectivamente.

De las variables estructurales, no fueron significativas las variables superficie del productor (tuvo el signo incorrecto), edad y nivel de educación. En cambio fueron significativas las variables ingreso, acceso a crédito y tipo de propiedad. El ingreso es relevante en la decisión de adoptar agricultura orgánica en tanto los costos de producción de ésta tecnología son altos explicado principalmente por insumos orgánicos y mano de obra requerida. Por ello, el acceso a crédito, constituye un mecanismo importante para el financiamiento de la producción lo cual es consistente con lo encontrado por He et al (2008). El tipo de propiedad también constituye una variable relevante por las características de la zona en donde predomina la propiedad comunal, esto se verifica con lo que encontraron Perret y Stevens, 2006.

Con respecto a las variables actitudinales, se constata que si bien para esta investigación el acceso y la frecuencia de la asistencia técnica es relevante, no lo ha sido la fuente de la asistencia pues la principal fuente de asistencia técnica en la zona de estudio es CEPICAFE para el caso de los productores orgánicos no en cambio para los productores convencionales. La propensión a innovar también es significativa, la misma que ha sido medida por la importancia que le dan los productores a la certificación orgánica. Por último, no fue significativa la variable motivos de certificación medida por la inclinación de los productores por motivos ambientales que por motivos de mercado. Se descartó la variable capacidad de gestión por estar exactamente predicha con la variable dependiente.

De acuerdo a lo señalado por He et. al. , 2008; Davies y Hodge, 2006; Ajayi, 2007, Diederer et al, 2003, se constata que para la adopción de producción orgánica son relevantes no sólo las variables estructurales sino también las actitudinales, por lo que se acepta la hipótesis planteada que establecía que la adopción de producción de café orgánico es explicado también por variables actitudinales, ya que si bien las variables estructurales son importantes no son contundentes para determinar la adopción orgánica. Asimismo, de acuerdo a Genius et al, 2006; Defrancesco et al, 2008; He et. al. , 2008; y Diederer et al, 2003, se constata que la asistencia técnica juega un rol importante en el proceso de adopción de tecnologías orgánicas.

Adicionalmente, con respecto a las variables actitudinales, los resultados revelan que los productores orgánicos y convencionales de la zona de estudio se

comportan de manera similar a los productores de otros países en desarrollo al constatar que los factores explicativos de la adopción de tecnologías limpias en buena parte explican la adopción de agricultura orgánica en Piura.

Por otro lado, con respecto a las variables estructurales, el comportamiento de los agricultores de la zona de estudio es discutible. Por ejemplo el hecho que la superficie tenga signo negativo, lo cual no es común aunque tampoco es contradictorio, contradice el estudio realizado por Tudela (2007) en Puno quien encontró que en esa zona superficie influye directamente en la probabilidad de adopción de café orgánico. Con respecto a la edad, en distintas zonas, ésta es una variable relevante (a menor edad, mayor propensión a innovar), sin embargo, en la zona esto no sucede debido principalmente a que la población es mayor existiendo poca presencia de jóvenes como jefes de fundo. Adicionalmente, el nivel de educación, en distintos estudios como el de Novella y Salcedo, 2006 en Chachapoyas y el de Tudela, 2007 en Puno, es una variable influyente en la adopción, sin embargo no es relevante en la zona.

El resultado en general implicaría una mayor sustentabilidad pues todos los agricultores (que reciban asistencia técnica) y no sólo aquellos de mayores ingresos podrían adoptar la producción orgánica. Por ello, las políticas públicas deberían dirigirse a garantizar adecuados servicios de asistencia técnica y capacitación. Ello conlleva a mejorar la oferta de dichos servicios a través de por ejemplo formación de extensionistas locales, ya que su rol es importante en el proceso de adopción de las prácticas orgánicas, por ello es importante que conozcan la problemática particular de cada ámbito. Un aspecto a resaltar es que el rol del extensionista hoy en día en el Perú, y en particular en Piura, trasciende a la asesoría personalizada abarcando un rol de articulación a las cadenas productivas con el propósito de integrar en ellas a los productores en condiciones equitativas y competitivas conjuntamente con los agentes comerciales y compartiendo riesgos y beneficios a través de la implementación de planes de negocios.

Otros elementos a tener en cuenta para los servicios de extensión son las adecuadas metodologías empleadas y el fortalecimiento de Escuelas de Campo. Para el primer caso se sabe de diversas experiencias que las pasantías que influyen en la motivación de productores que se refleja en la propensión a innovar que como se ha visto aumenta la probabilidad de adopción de prácticas orgánicas. Para el segundo caso, es necesario fomentar la creación de Escuelas de Campo, ya que en gran medida garantizan el éxito del servicio ofrecido pues aseguran una extensión más constante y frecuente y no esporádica ya que como se ha verificado la frecuencia de la asistencia técnica también aumenta la probabilidad de adopción de la agricultura orgánica. Adicionalmente, los servicios de extensión son claves pues son los que brindan la información de técnicas de conservación y ventajas ambientales de emplear las prácticas orgánicas que aumentan (como también se ha constatado) la probabilidad de adopción.

El acceso al crédito constituye otro factor relevante, lo cual implica que es necesario que se dinamicen los servicios financieros para la agricultura. La

estrategia (últimamente priorizada por el Ministerio de Agricultura en el Perú) de co-financiamiento público-privado a través de fondos concursables para inversión capacitación, algunos insumos y equipos a Asociaciones de Productores, no es suficiente pues limita la inversión en ciertos rubros requeridos por los agricultores además que en muchos casos genera trámites complicados. Así, se hace necesario por ejemplo potenciar las estrategias de otorgamiento crediticio de Agrobanco a través de la priorización de cadenas productivas como la producción orgánica.

La asociatividad juega un rol importante para la organización de la oferta y acceso a servicios para la agricultura en general. Por ello, las políticas públicas de promoción deben promover modelos de organización acordes a las necesidades de los agricultores que vayan más allá de la dinámica gremial y más bien se centren en los aspectos de mercado a través de la implementación de gerencias comerciales.

Por último, las políticas públicas de promoción de prácticas orgánicas deberían ser estructuradas en los tres servicios planteados: servicios de extensión, servicios financieros y asociatividad. Esta política pública de carácter nacional obviamente debe tener características específicas de acuerdo a las particularidades de cada zona que depende de los actores y dinámicas sociales particulares. El reto entonces es que estos tres servicios deben estar articulados promoviendo una dinámica local integral para el desarrollo local sustentable.

Capítulo 5. Valoración económica del balance de nutrientes y del agua para uso agrícola en el caso del café convencional y orgánico en Piura

El objetivo de este capítulo es valorar económicamente las variables ambientales consideradas en el estudio (balance de nutrientes y uso de agua agrícola) de tal manera de medir qué tan influyentes son éstas variables en la determinación de los costos de producción y los ingresos netos o beneficios de los productores orgánicos y convencionales. El valor de las variables ambientales sirven para poder incorporarlas en la estimación de la eficiencia económica (que se realiza en el capítulo VI).

5.1 Valoración económica del balance de nutrientes

La valoración económica de servicios ambientales ha adquirido importancia en los últimos años, debido a la necesidad de cuantificar su real aporte dentro de las actividades económicas. Bajo esta perspectiva es importante valorar económicamente por ejemplo el agotamiento o el balance de los nutrientes del suelo agrícola. Según refieren Drechsel y Gyiele, 1999 se han desarrollado y discutido diversos métodos para interiorizar las cuestiones ambientales en las evaluaciones económicas tradicionales. Los métodos más usados son el de costo de reemplazo (RCA) y el método de cambio en la productividad (PCA), sin embargo existen otros como el de Productividad Total de Factores (TFP), Precios Hedónicos y Valoración Contingente.

Los autores señalan que cada técnica tiene ventajas y limitaciones. Teniendo en cuenta que el suelo es un producto natural los recursos se asocian a costos, beneficios, políticas, mercados e instituciones por lo tanto, su valoración económica exige un enfoque interdisciplinario. El enfoque de valorar económicamente el balance de nutrientes ofrece una base biofísica interesante través del método del Costo de reemplazo (RCA) ya que permite determinar como el balance de nutrientes neto puede ser transferido directamente a los costos de los fertilizantes.

En contraste con los diferentes procesos de agotamiento, la erosión del suelo aborda más beneficios que el suministro de nutrientes del suelo por sí mismo y se valora mejor con el método de cambio en la productividad PCA. Comparando los métodos de PCA y RCA, es posible decir que el primero refleja los costos financieros a los agricultores que utilizan el suelo para obtener un ingreso, mientras que el RCA refleja más los costos la generación actual impone a las futuras generaciones por uso del suelo. Ninguno de los dos métodos incluye adecuadamente consideraciones de equidad intergeneracional. Sin embargo, proporcionan información adicional sobre los costos de los recursos. Ambos métodos incluyendo el de PTF son bastante técnicos y exigentes de datos. Otros métodos para evaluar la apreciación de los recursos por parte del usuario final,

por ejemplo disposición a pagar / aceptar, precios hedónicos pueden ser alternativas o complementos valiosos, dependiendo del objetivo del estudio. El cuadro 5.1 ofrece un comparativo de los métodos tratados según los autores:

Cuadro 5.1 Características de los diferentes métodos de valoración económica de agotamiento de nutrientes y carbono

Variable	Cambio en la Productividad (PCA)	Costo de reemplazo (RCA)	Productividad Total de Factores (PTF)	Precios Hedónicos	Valoración contingente
Ventaja	No considera diferencias en nutrientes o sus beneficios. Particularmente apropiado por la erosión	Fácil de aplicar, especialmente si balance de nutrientes de datos y precios de los fertilizantes están disponibles	Subestima la contribución de las acciones y flujos de nutrientes. Valores sostenibilidad además de viabilidad económica	Integra el enfoque del paraguas enfoque al del agotamiento de la fertilidad del suelo.	Algunos enfoques son relativamente fáciles de aplicar como el orientado a los agricultores
Perspectiva	Cambios en los ingresos de los agricultores	Direcciona los costos intergeneracionales	Eficiencia económica y sustentabilidad	Mercados de tierras	Puntos de vista de agricultores
Uso de valor monetario	Precios de inputs y outputs	Precios de mercado de sustitutos directos	Precios de mercado como índices de inputs de los PTF	Precios de renta de la tierra	Mercados artificiales
Data especial requerida	Pérdida de la erosión, rendimiento	Balance de nutrientes Pérdida de nutrientes	Pérdida de nutrientes o balance neto	Precios de renta de la tierra	Características de entrevistados
Demanda de data	Alta	Alta	Alta	Media	Media-Baja

Fuente: Drechsel y Gyiele, 1999.

Adicionalmente, Drechsel, Giordano y Gyiele en el 2004, realizan un estudio con el objetivo de comparar las ventajas y desventajas de emplear los métodos de valoración. Recomiendan emplear los métodos de costos de reemplazo y cambio en la productividad principalmente para países en desarrollo por la disponibilidad de la data. Mencionan por ejemplo que los precios de fertilizantes están disponibles y esa se convierte en una ventaja para su aplicación. Sin embargo recomiendan emplear métodos alternativos o de control que puedan validar el uso de estos métodos.

De acuerdo a lo revisado, se puede mencionar que el método más adecuado para ésta investigación es el del costo de reemplazo por la disponibilidad de datos relacionados al balance de nutrientes. No se pudo contar con información de erosión del suelo, por lo que no fue posible emplear el método de cambio en la productividad.

Cabe realizar algunas precisiones sobre los métodos de valoración basados en costos. Kumar, 2010 menciona con respecto a métodos de valoración relacionados a costos, que existen tres tipos: Costos evitados, costos de reemplazo y costos de mitigación. El primer caso, se trata del costo que sería incurrido en ausencia del servicio ecosistémico, mientras que el costo de reemplazo es el costo de reemplazar servicios ecosistémicos afectados por la forma. Por último, los costos de mitigación, son los costos por mitigar los efectos de la pérdida o el costo de restaurarlos. Esta clasificación también es referida por Garrod y Willis en el 1999.

Manchado (2010) plantea la importancia de emplear y cuantificar mediante métodos de valoración económica el uso de indicadores para la sustentabilidad en la agricultura como la eficiencia de uso de energía fósil, el riesgo de contaminación por nutrientes o plaguicidas, el riesgo de erosión de suelos, el balance de gases invernadero, la racionalidad en la utilización del suelo, la eficiencia en el uso del agua y el monitoreo de la biodiversidad. Esto debido a que las tendencias en la agricultura moderna como la intensificación del uso del suelo, la ampliación de la frontera agrícola, el uso de fertilizantes han provocado el deterioro de la capacidad de los recursos naturales en su rol de factores productivos, poniendo en riesgo la sustentabilidad de los sistemas de producción y la ocurrencia de externalidades ambientales.

Este autor emplea como indicador de sustentabilidad en la agricultura la eficiencia de uso de los nutrientes, es decir el modo en que una especie vegetal, un cultivo o un sistema de producción utiliza los nutrientes. Mide el balance de nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Azufre y Calcio) en términos físicos y lo valora económicamente por el método de costo de reposición de nutrientes. Cabe mencionar que Manchado, 2010, hace mención a costos de reposición, que siguiendo a Drechsel y Gyiele, 1999 y Kumar, 2010, se trata del método de costos de reemplazo.

Tomando la propuesta de Manchado (2010), ésta investigación realizó la valoración económica del balance de nutrientes empleando el método de costo reposición de nutrientes utilizando el fertilizante más usual y de menor precio por unidad de nutriente. Los precios de cada elemento se derivan de los precios corrientes de los fertilizantes en la campaña 2011 (campaña estudiada en la encuesta).

Previamente a la valoración, se estimó el Balance de Nutrientes en términos físicos como diferencia entre lo que se exporta (café convencional u orgánico) en promedio menos lo que se repone por la fertilización. Para el cálculo de los balances de nutrientes se consideraron sólo las extracciones por la exportación de los productos y la reposición de la fertilización. No se consideraron pérdidas por erosión. Se calculó para cada productor convencional u orgánico de la siguiente manera:

$$\text{Bal Nut}_{ij} = \text{Rep Nut}_{ij} - \text{Ext Nut}_{ij} \dots\dots\dots 1$$

Como se muestra en la ecuación 1, el Balance de Nutrientes depende de la estimación de la reposición de nutrientes y la extracción de nutrientes. Con respecto a la reposición de nutrientes, se empleó la fuente de aplicación de fertilizantes⁴¹, lo cual se corroboró con entrevistas a técnicos. Se consideró la eficiencia de aplicación de fertilizantes de 100%.

La reposición se determina del producto entre macronutriente aportado por fertilizantes por ha. por la cantidad de ha por productor (convencional u orgánico). Los fertilizantes, considerados en el estudio fueron: guano de isla, sulfomag, roca fosfórica y fertimar. Cada uno de estos cuatro insumos contiene los seis macronutrientes analizados para el balance de nutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre.

$$\text{Rep Nut}_{ij} = \sum \text{fert}_{ij} * \text{sup}_j \dots\dots\dots (2)$$

donde:

Rep Nut_{ij}: reposición total de nutrientes

i: nutriente

j: individuo o productor convencional u orgánico

fert_{ij}=nutrientes aportados por fertilización para cada nutriente por productor

sup_j: superficie en has por productor convencional u orgánico

Los coeficientes de reposición aportado por cada macronutriente fueron multiplicados por la cantidad de fertilizante empleados o aplicado (medido en kg/ha), obteniéndose así el valor en términos físicos (Kg) de nutrientes aportados por fertilización para cada nutriente por productor, lo cual es multiplicado por la superficie por productor. Cabe señalar que la cantidad de fertilizante aplicado por productor se obtiene de la encuesta y los coeficientes se obtuvieron de la composición de los fertilizantes comerciales. El cuadro 5.2 muestra los coeficientes de la reposición de nutrientes que fueron empleados para ambos tipos de café (convencional y orgánico) debido a que ambos productos emplean los cuatro fertilizantes pero en diferentes dosis llegando al caso extremo que para el caso de los productores convencionales la dosis es de cero.

⁴¹ Según Manchado, 2010 existen dos fuentes, la primera es la aplicación de fertilizantes y la segunda es la asociación simbiótica

Cuadro 5.2 Coeficientes de reposición de nutrientes en % para café convencional y orgánico

Fertilizante	Coeficiente de reposición de macronutriente en %					
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
Guano de isla	10%	10%	2%	8%	5%	16%
Sulfomag	0%	0%	22%	0%	18%	22%
Roca fosfórica	0%	22%	0%	33%	0%	20%
Fertimar	2%	1%	8%	2%	1%	0%

Fuente: Elaboración propia

La estimación de la extracción de nutrientes se obtiene como el producto del coeficiente de extracción de cada nutriente y la producción de café (convencional u orgánico) por individuo. Tal como se muestra:

$$Ext\ Nut_{ij} = \sum ce_{ij} * Prod_{j.....} \quad (1)$$

donde:

ExtNut_{ij}: extracción total de nutrientes para café convencional u orgánico por individuo.

i: extracción de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre)

j: individuo o productor convencional u orgánico.

ce_{ij}: coeficiente de extracción para cada nutriente de café convencional u orgánico por individuo.

Prod_j: producción de café (convencional u orgánico) por individuo

Los coeficientes de extracción (o de absorción) para cada nutriente se obtiene a partir de la muestras de suelo a cuatro productores (tres orgánicos y un convencional) de los distritos estudiados. A partir de estos coeficientes se extrapola al resto de productores (100 orgánicos y 60 convencionales). Para el caso de los macronutrientes de Magnesio y Azufre los coeficientes don cero. Como se observa en el cuadro 5.3, es necesario hallar la disponibilidad de absorción por cada macronutriente (en Kg/ha/año).

Cuadro 5.3 Coeficientes de extracción de nutrientes en % para café convencional y orgánico

Macronutriente	Indicador	Muestra 1- Café orgánico - Canchaque -	Muestra 2-Café orgánico - Montero -	Muestra 3 Café orgánico (Lalaquiz)	Muestra 4Café convencional (Coyona)
Nitrógeno	1. Coeficiente de absorción (%)	30%	30%	30%	30%
	2. Peso en Kg/ha N Disponible	114.3	65.3	162.9	435.5
	Kg./ha./año=1x2	34.29	19.584	130.662	48.87
Fósforo	1. Coeficiente de absorción (%)	20%	20%	20%	20%
	2. Peso en Kg/ha P2O5 Disponible	15.7	11.2	77.1	6066.1
	Kg./ha./año=1x2	3.1	2.2	15.4	121.3
Potasio	1. Coeficiente de absorción (%)	30%	30%	30%	30%
	2. Peso en Kg/ha k2O Disponible	662.94	117.504	1987.38	7235.676
	Kg./ha./año=1x2	199	35	596	689
Calcio	1. Coeficiente de absorción (%)	20%	20%	20%	20%
	2. Peso en Kg/ha CaO Disponible	10561	20563	12695	18193
	Kg./ha./año=1x2	2112	4113	2539	3639

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de producción de café se obtienen de la encuesta. A partir de la multiplicación de la disponibilidad de extracción por macronutriente y el nivel de producción de café se obtiene la extracción de nutrientes en Kg por productor. Luego, el Balance de Nutrientes es el resultado de la reposición menos la extracción de nutrientes por la producción de café por individuo.

Para obtener el valor económico se necesitaron los precios de cada elemento o macronutriente, los cuales se derivaron de los precios corrientes promedio de los fertilizantes empleados. Estos precios se presentan en el cuadro 5.4.

Cuadro 5.4 Precios de fertilizantes a partir de cuyos precios se estimaron los precios de macronutrientes.

Precio del macronutriente (S/kg)	Se deriva del fertilizante	Cuyo precio promedio es (S/kg)
Nitrógeno=0.06	Guano de isla	1.00
Fósforo=0.23	Roca fosfórica	2.00
Potasio=0.15	Sulfomag	3.00
Calcio=0.15	Roca fosfórica	2.00
Magnesio=0.15	Sulfomag	3.00
Azufre=0.03	Guano de isla	1.00

Fuente: Elaboración propia

Con la valoración económica del balance de nutrientes se pudo obtener el costo del balance de nutrientes como se verá en el ítem 5.3.

5.2 Valoración del uso del agua

El agua considerado como activo económico, se encuentra conformado por todos los ecosistemas que sirven para regular el ciclo hidrológico (bosques de cabeceras, riberas, suelos, llanuras de inundación, lagunas, etc.) y por el conjunto de infraestructuras (embalses, canales, entre otros) que permiten adaptar los flujos naturales a los requerimientos de servicios del agua por parte de la economía (Young, 1996).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la definición, la estructura y el funcionamiento de este recurso hídrico superan en complejidad a los de otros activos, como las pesquerías, las explotaciones forestales, los depósitos de minerales y, en general, a cualquier otro recurso natural, sea este renovable o no.

En la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (Dublín, 1992), se aclara que el agua tiene un valor económico, al cual debe considerársele como un bien económico, debido a los diversos usos que a los que se destina.

También, se explicó que la no identificación del agua como valor económico, el cual, históricamente ha tenido un control inadecuado, ha conducido al derroche y a la utilización de este recurso con efectos perjudiciales para el medio ambiente.

Es por ello que la gestión del agua, en su condición de bien económico, es un medio importante para conseguir un aprovechamiento eficaz y equitativo y para favorecer la conservación y la protección de los recursos.

En la actualidad existen diversos estudios que sustentan a los recursos hídricos como un activo económico, los cuales deben ser gestionados eficientemente y en forma sostenible. De este modo la conservación del recurso se traduce en un flujo de mayor de servicios comerciales en el futuro.

Turner et al, 2004, realizan un balance de las distintas aproximaciones en la medición del valor económico del agua. Por ejemplo menciona que De Groot (1992), que el valor del agua es categorizado en términos de su contribución al bienestar del hombre. Se habla de valor ecológico y valor social. Menciona además que Young en 1996 clasifica al valor del agua en diferentes clases: beneficios como comoditie, como bien público y privado estético y recreacional, beneficios de la asimilación de residuos, desventajas o daños, valor de no uso.

Turner and Postle en 1994 clasifican el uso del agua en cuatro categorías: abstracción del agua para uso de irrigación y uso agrícola, pesca, recreación y biodiversidad. Por último menciona que Rogers, Bathia and Hurber (1997) clasifican el valor económico del agua en: valor para los usuarios del agua, beneficios netos de flujos de retorno, beneficios netos de usos indirectos y ajuste para objetivos sociales como alivio a la pobreza. Estas clasificaciones sirven para describir los componentes del valor del agua usando las categorías convencionales: valor de uso directo e indirecto. El primero relacionado al uso consuntivo como irrigación, pesca y no consuntivos como recreación. Mientras tanto el valor de uso indirecto se relaciona a los servicios que provee el recurso agua. El valor de no uso se relaciona al valor de conservar o mantener el agua (valor de existencia). Los autores también se refieren a los diferentes métodos de valoración para las distintas categorías mencionadas entre los que se encuentran el método de costo de viaje, precios hedónicos, valoración contingente.

Centrándose en el valor de uso de agua agrícola, Young, 1985 luego en 1996 y 2005 hace referencia al método de cambio en la productividad cuando plantea maximizar el uso de agua en un distrito de riego a través del precio o costo de oportunidad el cual es el valor de los bienes y servicios al que se renuncia por usar un recurso escaso para determinado propósito en vez de su siguiente mejor uso alternativo. Menciona que la manera para determinar el costo de oportunidad del agua es a través del valor marginal el cual es el precio sombra del agua.

El valor marginal representa el incremento en el valor total debido a una unidad adicional de agua y de acuerdo con la Ley de los Rendimientos Decrecientes, decrece conforme se incrementa la cantidad usada. La eficiencia económica se alcanza cuando el ingreso marginal es igual al costo marginal. Cuando las tarifas del agua son muy bajas, el precio sombra puede considerarse el elemento básico para estimar cuánto podría pagar un usuario por metro cúbico de agua utilizado. Es decir, los usuarios no pagarán más dinero por un servicio, que el valor del mínimo beneficio que se pueda obtener. Determinar el precio sombra del agua permite estimar la productividad de este insumo. A partir de esta información es posible hallar las variaciones en los ingresos de los agricultores ante disminuciones en la disponibilidad del recurso.

Así éste método, como lo exponen Cristeche y Penna (2008), hace posible valorar un bien o servicio ambiental que no se comercializa en el mercado (agua) al relacionarlo con un bien que si lo hace (cultivos agrícolas). Al considerar que éste

bien o servicio ambiental es un insumo dentro de la función de producción, la valoración consistiría en evaluar el efecto que dicho bien o servicio ejerce sobre la productividad del cultivo. Así la aplicación del método radica en multiplicar la variación del rendimiento del cultivo, a causa de una variación en la disponibilidad del agua, por los precios en el momento del análisis. Una variante a éste método es el de cambio de ingresos netos.

Algunos autores como Corella (2004), López, (2004) y Jiménez (2008) han calculado el valor económico del agua a través de la metodología del Cambio de Ingresos Netos del Productor. Tomando dicho método se halló el valor del agua a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor del agua (VA)} = \frac{\text{Ingreso neto bajo irrigación} - \text{Ingreso neto sin irrigación}}{\text{Volumen de agua desviada para la irrigación}} \dots\dots\dots (1)$$

Donde el Ingreso neto es la diferencia entre los ingresos brutos y los costos de producción, cosecha y post-cosecha del café. El estudio ha considerado entre los costos aquellos que corresponden no sólo a los costos de producción sino también los costos de beneficio húmedo, secado, hasta el transporte y comercialización a la planta de CEPICAFE, es decir hasta llegar a la producción de café pergamino.

Para poder determinar el valor económico del agua, primero se determinó la cantidad de agua empleada por nivel de productividad de café (convencional u orgánico) que alcanza cada productor, lo cual es obtenido de las encuestas. Luego, a partir de criterios de expertos (entrevistas a técnicos de la zona) se estimó la pérdida de productividad de café (convencional u orgánico) por reducción de agua. Esta reducción de disponibilidad de agua se estimó en 20%. A partir de esta reducción de agua, se determinó la reducción de productividad de café por productor. La valoración económica del agua entonces se obtuvo determinando ingresos y costos en las situaciones con riego y sin riego a partir de la fórmula (1):

$$VA = \frac{[(PxQ_{\text{riego}}) - (C_{\text{riego}})] - [(PxQ_{\text{sin riego}}) - (C_{\text{sin riego}})]}{V_{\text{agua.riego}}} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

P: Precio de venta del café convencional u orgánico (S/qq.) pergamino.

Q_{riego}: Productividad del café convencional u orgánico con riego (qq/ha)

Q_{sin riego}: Productividad del café convencional u orgánico sin riego (qq/ha)

C_{riego}: Costos de producción café convencional u orgánico con riego (S/./ha)

C_{sin riego}: Costos de producción café convencional u orgánico sin riego (S/./ha)

V_{agua.riego}: Volumen de agua desviada para la irrigación (m³/ha)

VA: Valor económico del agua para uso agrícola del café convencional u orgánico (S./m³)

Esta metodología permitió determinar el valor del agua como la variación de los beneficios entre el agua desviada para riego. Los costos para el escenario con riego y los escenarios proyectados no son iguales. Los costos referentes a los fertilizantes y mano de obra serán incurridos por el agricultor independientemente de la cantidad de agua asignada, pero varían según el nivel de producción. Se asume que el costo de producción se reduce en la misma proporción que el nivel de producción. A pesar que en la zona de estudio, el agua es un recurso escaso, actualmente no existe una tarifa por el uso de agua. Los valores se muestran en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.5 Valor marginal del agua para uso agrícola para el café según tipo de productor en US\$/m³

Productores	Media	Máximo	Mínimo	Desviación típica
Convencionales (N=60)	0.068	0.384	0	0.084
Orgánicos (N=100)	0.096	0.552	0	0.084
Total (N=160)	0.088	0.552	0	0.084

Fuente: Elaboración propia

5.3 Resultados

Los resultados de la valoración económica del balance de nutrientes y del uso del agua se muestran en el cuadro 5.6. Se puede apreciar que los productores orgánicos presentan un menor costo que los productores convencionales por balance de nutrientes (US\$44/ha y US\$40/ha respectivamente) no en cambio por el valor del agua (US\$102/ha y US\$286/ha respectivamente).

Cuadro 5.6 Costos ambientales por balance de nutrientes y uso de agua agrícola para el café según tipo de productor en US\$/ha

Costos (S/ha)	Productores convencionales				Productores orgánicos			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación típica	Media	Máximo	Mínimo	Desviación típica
Costo del balance de nutrientes	44	54	18	8	40	78	5	22
Costo del uso de agua	102	891	0	177	286	1379	0	263

Fuente: Elaboración propia

Los costos por balance de nutrientes y por uso agrícola del agua fueron incorporados en los costos totales y en los ingresos netos o valor neto de la producción. De aquí, se analizan los resultados de los costos en dos escenarios: sin considerar costos ambientales y considerando costos ambientales. Según se observa en el cuadro 5.7, los costos para ambos escenarios son mayores para el caso de productores orgánicos, esto debido al uso de fertilizantes permitidos que incrementan los costos.

Los ingresos netos o beneficios se muestran para cuatro escenarios: i. Sin costos ambientales y con precios de café convencional y orgánico; ii. Con costos ambientales a precios de café orgánico y convencional; iii. Sin costos ambientales a precios de café convencional; iv. Con costos ambientales a precios de café convencional. El análisis de precios de café convencional consistió en emplear un precio promedio de café convencional de tal manera de evitar la distorsión por el diferencial existente para el caso del café orgánico. Según se observa también en el cuadro 5.7, los ingresos netos para los productores orgánicos son mayores a los de los productores convencionales en los cuatro escenarios. De esta manera se puede observar que sin considerar variables ambientales a precios de café orgánico y convencional (escenario 1) los ingresos netos de los productores orgánicos son significativamente mayores que los ingresos de los productores convencionales. En el escenario 2, los ingresos también son mayores para los productores orgánicos, a pesar que se reducen significativamente con respecto al escenario 1 (se reducen a la mitad), sin embargo la diferencia se incrementa, ello a pesar que los costos para los productores orgánicos son mayores en todos los casos. Realizando el análisis a precios de café convencional (para evitar distorsiones con respecto a sobrepuestos), los ingresos netos de los productores orgánicos no se ven afectados, esto porque en las últimas campañas los precios diferenciales se han acortado considerablemente, tanto así que para muchos productores de café orgánico le da igual vender su producto a precio de café convencional.

5.4 Discusión y análisis de resultados

Los productores orgánicos presentan un menor costo que los productores convencionales por balance de nutrientes (US\$44/ha y US\$40/ha respectivamente) no en cambio por el valor del agua (US\$102/ha y US\$286/ha respectivamente). Los valores obtenidos para el uso del agua agrícola hacen referencia sólo a costos por cantidad de agua, sin embargo el valor no representa los costos por reducción de la calidad de agua. Si se empleara una metodología que incorpore la pérdida por calidad agua⁴² podría incrementar los costos probablemente en mayor medida a los productores convencionales que a los productores orgánicos ya que como se ha visto los productores orgánicos emplean técnicas para uso eficiente del agua como son los pozos de miel.

Las variables ambientales incluidas en el análisis si bien incrementan aun más los costos de la producción orgánica (pues son mayores que los costos de producción convencional), no afectan negativamente los ingresos netos o beneficios de los productores orgánicos que en todos los escenarios presenta mayores valores que los productores convencionales. De esta manera se comprueba la hipótesis que establece que los ingresos netos de los productores orgánicos son mayores que los ingresos netos de los productores convencionales inclusive eliminando el diferencial por precio (ver cuadro 5.7).

Según se ha visto en la revisión de literatura los métodos de valoración económica empleados pueden influir en los resultados obtenidos. De esta manera es necesario escoger el método más adecuado para cada caso. Para ésta investigación, se seleccionaron los métodos de costo de reemplazo para el caso de la eficiencia del suelo y cambio en ingresos netos del agricultor para el caso de la eficiencia del agua. La selección de los métodos ha sido básicamente por disponibilidad de información. Para el caso de suelos no se disponía información de erosión sólo de balance de nutrientes que es la información que arrojó los análisis de suelo empleados mientras que para el caso del agua, emplear información basada en precios de mercado es lo más usual y recomendable. Una ventaja de haber utilizado el método de costo de reemplazo para el balance de nutrientes es que es un método más fácil de aplicar, además que los precios de los fertilizantes están disponibles. Convendría, sin embargo, según lo menciona la literatura, en estudios posteriores poder emplear métodos complementarios como el de valoración contingente. No es posible afirmar si el valor encontrado para el balance de nutrientes es confiable o está dentro de los parámetros esperados si no se cuenta con un parámetro de comparación. No se han encontrado valores para el caso peruano u otros países con características similares, sin embargo se dispone de los valores encontrados por Manchado en el 2010 para Argentina. Estos valores se muestran en el cuadro 5.8. El valor

⁴² Se pudo haber empleado el método Direct Compliance Cost Method, que simplemente estima la cantidad invertida en infraestructura para el control de la contaminación. Este método se encuentra en *Guidelines for Preparing Economic Analyses*. USEPA, 2000. Bajo este método sin embargo, no es posible obtener valores para cada individuo sino solamente un valor promedio para la zona de allí que solo se consideró como referencia y no se le incluyó en el análisis de costos, ingresos netos y eficiencia económica.

encontrado para el café está entre 40 y 44 US\$/ha/año lo cual está dentro de los valores encontrados aunque es necesario precisar que los referentes son cultivos transitorios y pueden tener un comportamiento distinto al café.

Cuadro 5.7 Costos e ingresos netos con y sin considerar variables ambientales (US\$/ha)

Escenario	Costos (US\$/ha)	Productores convencionales		Productores orgánicos	
		Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
Escenario 1	Costos totales sin variables ambientales	306.8	138.4	668	302
Escenario 2	Costos totales con variables ambientales	452.4	231.2	993.2	457.6
Escenario 1	Ingresos netos sin variables ambientales	193.2	393.2	663.6	708
Escenario 2	Ingresos netos con variables ambientales	47.6	288.4	338.4	530
Escenario 3	Ingresos netos sin variables a precios de café convencional	188.4	364.8	692.4	666.8
Escenario 4	Ingresos netos con variables ambientales a precios de café convencional	42.8	257.2	367.2	492

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.8 Valoración económica del balance de nutrientes de cultivos en Argentina

Cultivo	US\$/ha/año
Maíz	53.90
Trigo	3.31
Cebada	49.75

Fuente: Manchado. 2010.

Con respecto al método de cambio en ingresos netos del productor, la principal ventaja es que es un método de fácil aplicación y ampliamente usado y conocido. Una desventaja es que los cambios en la disponibilidad de agua pueden ser poco precisos, aunque para esta investigación se consideró la opinión de expertos se trata de información sujeta a incertidumbre. Para poder afirmar si el valor marginal del agua obtenido es confiable, es necesario tener un patrón de comparación con respecto al valor hallado. Para ello, la tabla 5.9 muestra algunos valores de otros cultivos como manzana, maíz amarillo duro y espárrago en el Perú pues no se encontró para el caso del café. Según se observa, el valor marginal del agua para el café está por encima de otros valores de cultivos como manzana y maíz amarillo duro, sin embargo se trata de cultivos que no son de exportación por lo cual el valor más comparable sería el de espárrago, siendo en este caso bastante similares.

Cuadro 5.9 Valores Marginales de agua para uso agrícola para diversos cultivos en Perú

Cultivo	US\$/m³
Manzana (Valle de Mala)	0.024
Maíz amarillo duro (Valle de Cañete)	0.044
Espárrago (Ica)	0.084
Café (Piura)	0.088

Fuente: Elaboración propia sobre la base de diversos autores: Jiménez, Rendón y Pareja.

Capítulo 6. La eficiencia económica del café convencional y orgánico en Piura

Este capítulo presenta primero las estimaciones de Frontera Estocástica a través de las funciones de producción para café convencional y orgánico para luego determinar también a través de Fronteras Estocásticas las Funciones de costo de tal manera de estimar la eficiencia económica bajo cuatro escenarios: i. sin costos ambientales y ii. con costos ambientales a precios de producto convencional y orgánico y iii. sin costos ambientales y iv. con costos ambientales a precios de producto convencional y finalmente se presentan las conclusiones.

6.1 Antecedentes

Medir la sustentabilidad de tecnologías supone dos enfoques: la medición per se (de determinada tecnología), que requiere una respuesta categórica y la medición comparativa (entre dos o más tecnologías). La investigación se centra en el enfoque comparativo de las dos tecnologías (agricultura orgánica y agricultura convencional). Dentro de este enfoque es necesario precisar el índice que mejor refleje la sustentabilidad. De acuerdo al concepto de sustentabilidad, ésta implica un manejo de los recursos de tal forma que su abundancia y calidad a largo plazo sea asegurada para las generaciones futuras. A partir de ello, se puede afirmar que el objetivo de alcanzar un desarrollo sostenible sería un asunto de equidad intergeneracional, sin embargo, también es un problema de eficiencia económica, pues reducir la cantidad de recursos naturales (inputs) “por unidad de satisfacción” (outputs) ayudará a reducir la presión sobre el ambiente. De esta manera se puede decir que la eficiencia económica garantiza parcialmente la existencia de sustentabilidad. Por ello, la investigación la asume como uno de los indicadores más robustos para evaluarla, pues permite incorporar variables ambientales como factores de producción, es decir captura la asociación entre aspectos económicos y ambientales.

La investigación plantea considerar la eficiencia económica como un indicador robusto de sustentabilidad. La medición de la eficiencia se realiza por el método de Frontera de Estocástica de Producción-FEP debido a la disponibilidad de datos. Basándose en el trabajo de Arandía y Aldanondo, en el 2007, la investigación considera medir la eficiencia económica en distintos escenarios que permitan contrastar los resultados con variables ambientales y sin variables ambientales así como para eliminar el diferencial por precios. También considera incorporar las variables ambientales como inputs que pueden considerarse como cantidades (físicas) o ser valoradas económicamente por distintos métodos de valoración económica.

Teniendo como referencia el trabajo de Cabrini, Calcaterra y Lema (2011) se estimó el balance de nutrientes y se valoró económicamente para incorporar dichas variables en la función de producción y de costos respectivamente. Si bien los autores no incorporan la variable agua, existen diversos estudios como el de

Karagiannis et al. (2003), Dhehibi (2011) y Shen (2012), que miden la eficiencia técnica del agua. Sin embargo, ésta investigación no sólo midió la eficiencia técnica incorporando la variable agua sino también se valoró económicamente para incorporarla en la función de costos. A partir de ello se pudo hallar la eficiencia económica.

Adicionalmente, los estudios revisados sobre la eficiencia económica (técnica y asignativa) del sector agrícola, han empleado principalmente como variables explicativas a los insumos (mano de obra, fertilizantes, maquinaria agrícola, tecnología) y como variables explicativas asociadas a la ineficiencia (término estocástico) a diversos factores socioeconómicos (inclusive relacionadas al capital social o pertenencia a organizaciones de productores) y ambientales usando variables cualitativas como cuantitativas (valoración económica de servicios ambientales por ejemplo). Independientemente de cuál sea el método empleado (FEP o DEA), todos los trabajos coinciden en la importancia de conocer la eficiencia económica o técnica para la toma de decisiones. Esta toma de decisiones constituye el diseño y la implementación de políticas que se orienten a fortalecer aquellas variables que se relacionan significativamente a la eficiencia técnica y económica. Así se pueden mencionar los estudios de Bailey et.al (1989), Curtiss (2000), Karagiannis y Vangelis (2001), Sriboonchitta y Wiboonpongse (2004), Sipilainen y Lansink (2005) e Idiong (2007).

6.2 Estimaciones de Función de Producción a través de Fronteras Estocásticas

El planteamiento del modelo de las funciones de producción para el caso del café convencional y café orgánico, se ha realizado basado en la revisión de literatura señalada en el ítem anterior.

La forma funcional elegida es Cobb-Douglas debido a dos razones: permite obtener las elasticidades de los insumos respecto al producto Y , en este caso particular, respecto a la frontera de producción. Por otra parte, es la forma funcional utilizada en estudios anteriores, lo que facilita una comparación en los parámetros estimados.

Así, se ha considerado como variable dependiente al rendimiento y la producción, sin embargo después de las pruebas de significancia, se obtuvo que la mejor variable es el rendimiento. Los insumos elegidos son cantidad de fertilizantes, de mano de obra y de agua. Como se mencionó anteriormente para el café en la zona no es relevante la variable de maquinaria. Adicionalmente, como se trata de métodos estocásticos es necesario incluir un término de error que tenga dos componentes: uno atribuido a la ineficiencia en la producción (representativo de las ineficiencias de la empresa que hacen que su *output* esté situado por debajo del que potencialmente es capaz de alcanzar), y otro atribuido a los factores exógenos denominado ineficiencia aleatoria (representativo de los shocks aleatorios que desvían al productor de su *output* máximo potencial).

6.2.1 Café convencional

a. El modelo

Las variables especificadas como una función de tipo Cobb-Douglas, son las siguientes:

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_{1i} + \beta_2 \ln x_{2i} + \beta_3 \ln x_{3i} + (v_i - u_i)$$

Donde

$\ln y_i$ = Logaritmo del rendimiento del café convencional en kg/ha del productor i.

$\ln x_{1i}$ = Logaritmo de la cantidad de fertilizantes en kg/ha del productor i.

$\ln x_{2i}$ = Cantidad de mano de obra en jornales/ha del productor i

$\ln x_{3i}$ = Cantidad de agua en m³/ha del productor i.

v_i = Componente aleatorio, que captura los errores de medición y otros factores.

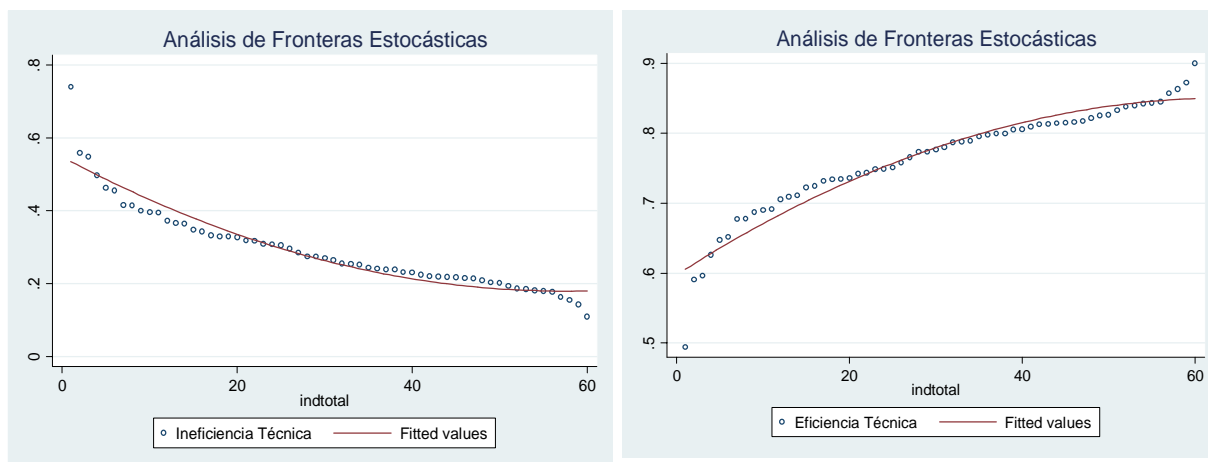
u_i = Componente aleatorio no negativo que representa el nivel de ineficiencia del productor i que sigue una distribución normal no negativa.

b. Resultados

En el gráfico 6.1 se muestran los resultados de la eficiencia técnica cuando se incluyeron como inputs en términos logarítmicos a la cantidad de fertilizantes, mano de obra y agua. En promedio se tiene una eficiencia técnica para el caso del café convencional de 0.76.

Es importante mencionar que para no eliminar 32 observaciones (que tenía, el valor de cero como uso de fertilizante), se generó el logaritmo de la variable fertilizantes de la forma $\ln(1+x)$ con lo cual se evitó eliminar información relevante para el análisis

Gráfico 6.1: Eficiencia e Ineficiencia Técnica para el café convencional



6.2.2 Café orgánico

a. El Modelo

Al igual que en el café convencional, para el café orgánico, una función de tipo Cobb-Douglas, en donde la variable dependiente elegida (por su significancia) es el rendimiento (y no la producción). Los insumos elegidos son cantidad de fertilizantes, de mano de obra y de agua. Como se trata de métodos estocásticos es necesario incluir un término de error que tenga dos componentes: uno atribuido a la ineficiencia en la producción (representativo de las ineficiencias de la empresa que hacen que su *output* esté situado por debajo del que potencialmente es capaz de alcanzar), y otro atribuido a los factores exógenos denominado ineficiencia aleatoria (representativo de los shocks aleatorios que desvían al productor de su *output* máximo potencial).

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_{1i} + \beta_2 \ln x_{2i} + \beta_3 \ln x_{3i} + (v_i - u_i)$$

Donde

$\ln y_i$ = Logaritmo del rendimiento del café orgánico en kg/ha del productor i.

$\ln x_{1i}$ = Logaritmo de la cantidad de fertilizantes en kg/ha del productor i.

$\ln x_{2i}$ = Cantidad de mano de obra en jornales/ha del productor i

$\ln x_{3i}$ = Cantidad de agua en m³/ha del productor i.

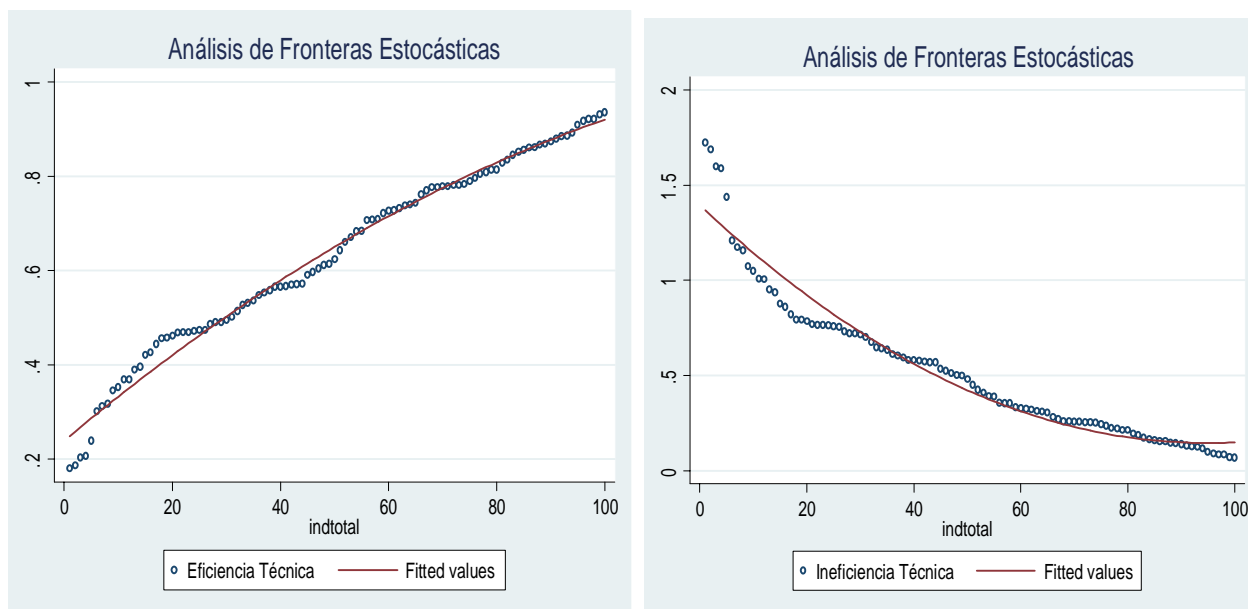
v_i = Componente aleatorio, que captura los errores de medición y otros factores.

u_i = Componente aleatorio no negativo que representa el nivel de ineficiencia del productor i que sigue una distribución normal no negativa.

b. Resultados

En el gráfico 6.2 se muestran los resultados de la eficiencia e ineficiencia técnica cuando se incluyeron como inputs en términos logarítmicos a la mano de obra y la cantidad agua. En promedio se tiene una eficiencia técnica para el caso del café orgánico aproximadamente 0.63.

Gráfico 6.2: Eficiencia e Ineficiencia Técnica para el café orgánico



6.3 Estimaciones de la función de costos usando Fronteras Estocásticas

El objetivo de las estimaciones de función de costos es encontrar la eficiencia económica para ambos tipos de café (convencional y orgánico). Como ya se ha mencionado, los costos ambientales implican los costos de reparación por balance de nutrientes y los costos por uso de agua. Para el balance de nutrientes se empleó el método de costos de reemplazo o reposición y para el caso del uso de agua se empleó el método de ingresos netos de agricultores.

6.3.1 Los modelos para cada escenario

Según revisión de literatura, es necesario modelar o simular el comportamiento de la eficiencia económica en un escenario que considere las variables ambientales y en otro que no las considere. Asimismo, para evitar la distorsión por el diferencial de precios existente para el caso del café orgánico, se consideró dos escenarios uno que considere los precios del café orgánico y convencional y otro que sólo considere los precios del café convencional, empleando un precio promedio de éste tipo de café.

A partir de ello se plantean cuatro escenarios: i. sin costos ambientales y con precios de café convencional y orgánico; ii. con costos ambientales a precios de café orgánico y convencional; iii. sin costos ambientales a precios de café convencional; iv. con costos ambientales a precios de café convencional.

Escenario 1: Sin costos ambientales a precios de café orgánico y convencional $y_i = \beta_0 + \beta_1 lx1_i + \beta_2 lx2_i + \beta_3 lx3_i + \beta_4 lx4_i^* + e_i$

Donde:

ly_i =Ingreso neto en soles/ha del productor i.

$lx1_i$ =Superficie en ha del productor i.

$lx2_i$ =Costo del jornal en soles del productor i

$lx3_i$ =Costo del fertilizante en soles del productor i.

$lx4_i^*$ =Rendimiento ajustado en kg/ha para el productor i.

e_i =Error idiosincrático.

Escenario 2: Con costos ambientales a precios de café orgánico y convencional $y_i = \beta_0 + \beta_1 lx1_i + \beta_2 lx2_i + \beta_3 lx3_i + \beta_4 lx4_i + \beta_5 lx5_i + \beta_6 lx6_i^* + e_i$

Donde:

ly_i =Ingreso neto en soles/ha del productor i.

$lx1_i$ =Superficie en ha del productor i.

$lx2_i$ =Costo del jornal en soles del productor i

$lx3_i$ =Costo del fertilizante en soles del productor i.

$lx4_i$ =Costo de balance de nutrientes para el productor i.

$lx5_i$ =Costo de agua en soles por m³*ha para el productor i.

$lx6_i^*$ =Rendimiento ajustado en kg/ha para el productor i.

e_i =Error idiosincrático.

Escenario 3: Sin costos ambientales a precios de café convencional

$ly_i = \beta_0 + \beta_1 lx1_i + \beta_2 lx2_i + \beta_3 lx3_i + \beta_4 lx4_i^* + e_i$

Donde:

ly_i =Ingreso neto en soles/ha del productor i.

$lx1_i$ =Superficie en ha del productor i.

$lx2_i$ =Costo del jornal en soles del productor i.

$lx3_i$ =Costo del fertilizante en soles del productor i.

$lx4_i^*$ =Rendimiento ajustado en kg/ha para el productor i.

e_i =Error idiosincrático.

Escenario 4: Con costos ambientales a precios de café convencional

Donde:

$y_i = \beta_0 + \beta_1 lx1_i + \beta_2 lx2_i + \beta_3 lx3_i + \beta_4 lx4_i + \beta_5 lx5_i + \beta_6 lx6_i^* + e_i$

Donde:

ly_i =Ingreso neto en soles/ha del productor i.

$lx1_i$ =Superficie en ha del productor i.

$lx2_i$ =Costo del jornal en soles del productor i

$lx3_i$ =Costo del fertilizante en soles del productor i.

$lx4_i$ =Costo de balance de nutrientes para el productor i.

$lx5_i$ =Costo de agua en soles por m^3 *ha para el productor i.

$lx6_i^*$ =Rendimiento ajustado en kg/ha para el productor i.

e_i =Error idiosincrático.

Para cada escenario, nótese que $lx4_i^*$ y $lx6_i^*$ representan el rendimiento ajustado. Éste es creado de la diferencia del Rendimiento en kg/ha menos la ineficiencia técnica u_i (sigma_u) obtenido en las estimaciones anteriores. En este estudio no solo se propone generar dos tipos de rendimiento ajustado. El primero es de la diferencia del rendimiento menos la ineficiencia técnica que se generó sin la inclusión de la cantidad de fertilizantes y el otro tipo es la diferencia del rendimiento menos la ineficiencia técnica que se generó con la inclusión de la cantidad de fertilizantes.

Por lo tanto, este rendimiento ajustado, que se creará de dos formas, ocasionará que para cada escenario existan dos estimaciones. Este procedimiento se desarrolló para productores convencionales y orgánicos.

6.3.2 Resultados

En los cuadros 6.1 se muestran los resultados obtenidos para la eficiencia económica y técnica respectivamente en los cuatro escenarios estudiados. En el cuadro 6.2 se muestran resultados de la eficiencia técnica obtenida para diferentes cultivos incluyendo el café en otros países.

Cuadro 6.1 Eficiencia económica en los cuatro escenarios para productores de café convencional y orgánico

Escenario	Productores convencionales				Productores orgánicos			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación típica	Media	Máximo	Mínimo	Desviación típica
Escenario 1 EE sin variables ambientales	1.000482	1.000482	1.000481	1.98e-07	1.00018 ₃	1.000183	1.00018 ₂	1.24e-07
Escenario 2 EE con variables ambientales	1.0000235	1.0000236	1.0000235	1.80e-07	1.00009 ₂	1.000092	1.00009 ₂	6.35e-08
Escenario 3 EE sin variables a precios de café convencional	1.00021	1.00021	1.000209	9.16e-08	1.00033	1.00033	1.00033	1.29e-07
Escenario 4 EE con variables ambientales a precios de café convencional	1.000112	1.000112	1.000111	7.63e-08	1.00021 ₁	1.000211	1.00021	8.30e-08

Elaboración propia

Cuadro 6.2 Eficiencia técnica de diversos cultivos en diferentes países

Cultivo (país)	Eficiencia Técnica
Maíz y trigo (Argentina)*	85%
Productos agrícolas (Países en desarrollo)**	72%
Hortalizas (Argentina)***	61%
Soja (Brasil)****	80%
Café (Colombia)+	70%
Café convencional (Perú)	76%
Café orgánico (Perú)	63%

Fuente: Elaboración propia

*Cabrini y Calcaterra y Lema, 2011. Considera variables ambientales.

** Bravo-Ureta y Pinheiro 1993.

***Lema y Poledo, 2000.

****Richeti y Pereira, 2003.

+Perdomo y Hueth, 2010.

6.4 Discusión y análisis de resultados

Con respecto a la función de producción de café convencional y orgánico empleando frontera estocástica se puede concluir que: i. la mejor variable dependiente fue el rendimiento. Para el café convencional el mejor modelo fue aquel que incluye las variables fertilizantes, mano de obra y agua, en cambio para el café orgánico mejor resultó el modelo que incluye solo mano de obra y agua y no incluye fertilizante. Asimismo, las eficiencias técnicas fueron de **0.76 y 0.63** para el café convencional y orgánico respectivamente encontrándose variación significativa entre una tecnología y otra.

Con respecto a la eficiencia económica no hay diferencias sustanciales para los casos de productores orgánicos y convencionales. Sin embargo, la eficiencia económica para productores convencionales es ligeramente mayor en un escenario sin considerar variables ambientales (escenario 1). En los escenarios 2, 3 y 4 la eficiencia económica para productores orgánicos es mayor que la eficiencia económica de productores convencionales, según se observa en el cuadro 6.1. A partir de ello, se rechazaría la tercera hipótesis que establece que la producción orgánica es más eficiente económicamente que la producción convencional pues las eficiencias son similares. Sin embargo, se puede concluir que si bien no hay mucha variación en la eficiencia económica entre una tecnología y otra sí hay variación en los ingresos netos siendo éstos mayores para el caso de productores

orgánicos. Es decir no hay una eficiencia en costos predominante sin embargo si la hay en ingresos.

Se puede comprobar que la producción orgánica es sustentable económica, social y ambientalmente a pesar que no hayan grandes diferencias en cuanto a eficiencia económica entre ambas tecnologías analizadas. Se comprueba que la producción orgánica genera mayores ingresos netos en las familias de agricultores que la producción convencional. Asimismo, mejora del uso de los recursos naturales, como el balance de nutrientes (el costo por balance de nutrientes en la producción orgánica es menor que el costo por balance de nutrientes en la producción convencional). En cambio, el costo por el uso de agua es mayor para la producción orgánica, sin embargo éste fue medido bajo criterios de cantidad y no calidad.

Por último, cabe realizar una comparación entre los resultados obtenidos y los obtenidos por los estudios revisados en la literatura. Según se observa en el cuadro 6.2, los valores de eficiencia técnica promedio para países en desarrollo que encontraron Bravo-Ureta y Pinheiro 1993, fue de 72%. Considerando este valor el café convencional en Perú tiene una eficiencia técnica por encima de este valor promedio, no en cambio el café convencional. Si se considera la eficiencia técnica obtenida en Colombia, se puede afirmar que los valores de café en Perú ya sea de café convencional y café orgánico son bastante aceptables, considerando que Colombia presenta mayores rendimientos además de tener mayor inversión de parte del Estado. Asimismo, en este estudio no se consideró variables ambientales, lo cual haría suponer que podría ser un valor sobreestimado. En general a partir de estos datos se puede mencionar que la eficiencia técnica para el caso del café orgánico se encuentra de un promedio aceptable que podría mejorarse principalmente respecto mano de obra y cantidad de agua que son los insumos en que difieren drásticamente con el café convencional y en los que se reportó ineficiencia técnica.

Capítulo 7. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Relaciones entre sustentabilidad, innovación tecnológica y eficiencia económica

El análisis de la sustentabilidad y la innovación tecnológica de agricultura convencional a agricultura orgánica se centra en cuatro puntos: la productividad; los cambios en la calidad ambiental; los efectos en los precios y la aceptabilidad por los usuarios, es decir los determinantes de la innovación tecnológica. A partir de estos cuatro temas, se puede concluir que: i. la productividad de la agricultura orgánica de la zona estudiada no es menor que la de la agricultura convencional; ii. la evidencia muestra que los indicadores ambientales en términos físicos no son necesariamente mejores para la agricultura convencional. iii. La producción orgánica permite obtener un sobreprecio a los agricultores que evidencia una mayor disposición a pagar por parte de los consumidores, iv. los determinantes de la adopción de tecnologías limpias pueden agruparse en variables estructurales y actitudinales. Dentro de las variables estructurales (económicas) la más significativa es el ingreso, acceso a crédito, juegan un papel importante. Las variables actitudinales están relacionadas principalmente a la información que pueda tener el productor con respecto a los beneficios y costos ambientales de determinada tecnología. Para medir cuales variables explican significativamente la adopción tecnológica se empleó un modelo *logit* y un *probit*.

El principal argumento para medir la sustentabilidad del cambio de producción convencional a orgánica a través de la eficiencia económica, es que si bien la agricultura orgánica podría contribuir hacia un manejo más racional de los recursos naturales, esto no debe ser medido solamente desde el punto de vista ambiental basado en el argumento que tendría un menor impacto de la actividad sobre el medio ambiente, sino que debe ser medido económicamente pues es necesario tener presente que se trata de una actividad productiva y como tal debería ser rentable para el productor.

Para eliminar el supuesto de una posible mayor eficiencia de la producción orgánica por el sobreprecio, se midió la eficiencia económica en cuatro escenarios: sin costos ambientales, con costos ambientales, con precios convencionales y orgánicos y sólo con precios convencionales.

La eficiencia económica se midió por el método de FEP e incluye variables ambientales como balance de nutrientes y uso de agua las cuales se valoran económicamente. Los valores económicos de dichas variables ambientales fueron incluidos en la función de costos para determinar la eficiencia económica. Esta metodología se considera relevante pues es una adaptación de varios estudios revisados no habiéndose realizado previamente.

Análisis comparativo entre productores orgánicos y convencionales

Se constata que efectivamente son los productores orgánicos aquellos que tienen mejores indicadores socioeconómicos como acceso a crédito. También que son estos los que presentan mayores rendimientos en promedio que los productores convencionales. Los productores convencionales se caracterizan por usar fertilizantes químicos o no permitidos en la producción orgánica, por no emplear ningún tipo de fertilizante o por emplear los fertilizantes usados por los orgánicos pero en dosis inferiores o inapropiadas. Esto va ligado al menor acceso a servicios de asistencia técnica que tienen. La mano de obra es más intensa para el caso de productores orgánicos pues se requiere mayores labores. El uso de agua es un factor importante en la producción y también en la post-cosecha, pues se requiere para el lavado del café. El estudio ha considerado el uso total de agua para todo el proceso de producción de café pergamino. Son los productores orgánicos los que demandan más agua en el proceso de producción, seguramente por la mayor exigencia en el beneficio del café (el 77% emplea más de 3000 m³, frente a un 28% de los convencionales).

Se constata para ambos casos (convencionales y orgánicos) la importancia del café en la generación de ingresos siendo las demás actividades agrícolas y las otras actividades complementarias en la generación del ingreso familiar.

Se corrobora que los mayores costos de producción para el caso de los orgánicos se encuentran en los insumos (38% frente a 16% para convencionales) mientras que para los convencionales es más importante el costo de producción que el post-cosecha, lo cual es opuesto para los productores orgánicos.

El 95% de los productores orgánicos reciben asistencia técnica mientras que los productores convencionales reciben en un 33% dicha asistencia. Asimismo, los productores orgánicos, reciben la asistencia técnica principalmente de CEPICAFE (92%) mientras que los convencionales reciben la asistencia de otras instituciones. Esto porque los productores orgánicos (es decir que se certifican) tienen beneficios que les ofrece CEPICAFE relacionados con la asistencia técnica, entrega de abonos, fertilizantes, pasantías, etc.

Respecto a técnicas de conservación, del total de productores de café encuestados, el 100% de los productores orgánicos las emplea (ya sea conservación de suelos, pozos de agua, manejo de desechos, manejo de aguas), sin embargo para los productores convencionales, solo un 60% de ellos usa técnicas de conservación de suelo, un 40% emplea pozos de agua, un 57% realiza manejo de aguas, siendo la técnica más empleada la de manejo de desechos (70%).

El cambio tecnológico de la producción convencional a orgánica es explicado por factores no sólo estructurales sino también actitudinales.

Se constata que para la adopción de producción orgánica son relevantes no sólo las variables estructurales sino también las actitudinales, por lo que se acepta la hipótesis planteada que establece que la adopción de producción de café orgánico

es explicado por variables no sólo estructurales sino también actitudinales, ya que si bien las variables estructurales son importantes no son contundentes. Se constata que la asistencia técnica juego un rol importante en el proceso de adopción de tecnologías orgánicas. De las variables estructurales, no fueron significativas las variables superficie del productor, edad y nivel de educación. En cambio fueron significativas las variables ingreso, acceso a crédito y tipo de propiedad. Con respecto a las variables actitudinales, se constata que si bien para esta investigación el acceso y la frecuencia de la asistencia técnica es relevante, no lo ha sido la fuente de la asistencia pues la principal fuente de asistencia técnica en la zona de estudio es CEPICAFE para el caso de los productores orgánicos no en cambio para los productores convencionales. Se estudió también los temas de asistencia técnica pero tuvo problema de asociación de variables. La propensión a innovar también es significativa, la misma que ha sido medida por la importancia que le dan los productores a la certificación orgánica. Por último, fue significativa la variable motivos de certificación medida por la inclinación de los productores por motivos ambientales que por motivos de mercado.

De acuerdo a lo señalado por He et. al. , 2008; Davies y Hodge, 2006; Ajayi, 2007, Diederer et al, 2003, se constata que para la adopción de producción orgánica son relevantes no sólo las variables estructurales sino también las actitudinales, por lo que se acepta la hipótesis planteada que establecía que la adopción de producción de café orgánico es explicado también por variables actitudinales, ya que si bien las variables estructurales son importantes no son contundentes para determinar la adopción orgánica. Este resultado implicaría una mayor sustentabilidad social pues todos los agricultores (que reciban asistencia técnica) y no sólo aquellos de mayores ingresos podrían adoptar la producción orgánica.

Los ingresos netos de los productores orgánicos son mayores que los ingresos netos de los productores convencionales inclusive eliminando el diferencial por precio.

Se obtuvo que los productores orgánicos presentan un menor costo que los productores convencionales por balance de nutrientes no en cambio por el valor del agua. Los costos por balance de nutrientes y por uso agrícola del agua fueron incorporados en los costos totales y en los ingresos netos o valor neto de la producción. Se analizan los resultados de los costos en dos escenarios: sin considerar costos ambientales y considerando costos ambientales. Los costos para ambos escenarios son mayores para el caso de productores orgánicos, esto debido al uso de fertilizantes permitidos que incrementan los costos. Los ingresos netos o beneficios se muestran para cuatro escenarios: i. sin costos ambientales y con precios de café convencional y orgánico; ii. con costos ambientales a precios de café orgánico y convencional; iii. sin costos ambientales a precios de café convencional; iv. con costos ambientales a precios de café convencional. Las variables ambientales incluidas en el análisis si bien incrementan aun más los costos de la producción orgánica (pues son mayores que los costos de producción convencional), no afectan negativamente los ingresos netos o beneficios de los productores orgánicos que en todos los escenarios presenta mayores valores que

los productores convencionales, por lo tanto se comprueba la hipótesis que los ingresos netos de los productores orgánicos son mayores que los ingresos netos de los productores convencionales inclusive eliminando el diferencial por precio.

La producción orgánica es más eficiente económicamente que la producción convencional de café.

Con respecto a la eficiencia económica no hay diferencias sustanciales para los casos de productores orgánicos y convencionales, por ello no se puede afirmar que la producción orgánica sea más eficiente que la convencional pero tampoco se puede afirmar lo contrario.

Sin embargo, la eficiencia económica para productores convencionales es ligeramente mayor en un escenario sin considerar variables ambientales (escenario 1). En los escenarios 2, 3 y 4, la eficiencia económica de productores orgánicos es ligeramente mayor a la de los productores convencionales. Los costos ambientales (por balance de nutrientes y por uso agrícola del agua) influyen en el incremento de los costos para los productores orgánicos en mayor proporción que para los productores convencionales, esto explicaría una eficiencia económica no muy diferenciada entre ambos tipos de productores. Sin embargo, haciendo un análisis de ingresos netos o beneficios se constata que éstos para los productores orgánicos son mayores a los de los productores convencionales en los cuatro escenarios.

Cabe señalar que el costo por el uso del agua es el que incrementa los costos de la producción orgánica, por tanto si se toma en cuenta sólo la variable balance de nutrientes la eficiencia económica del café orgánica sería mayor a la convencional. La recomendación es que se invierta en tecnología de riego para el reducir la demanda de agua de la producción orgánica.

De lo anterior se puede afirmar que la innovación tecnológica adoptada en la actividad cafetalera en Piura basada en la mudanza de la producción convencional a la orgánica es sustentable socialmente debido a que los determinantes de la adopción no se basan sólo en variables estructurales sino también actitudinales. Ello implicaría que la producción orgánica pueda ser adoptada por aquellos agricultores que reciban servicios de extensión. Por ello, las políticas públicas deberían dirigirse a garantizar adecuados servicios de asistencia técnica y capacitación.

La discusión gira en torno de la sustentabilidad económica, pues cuando **se incluyen las variables ambientales como balance de nutrientes y uso de agua agrícola la eficiencia económica de la producción orgánica es ligeramente mayor a la producción convencional**. Se observó también que es el costo del agua el que reduce la eficiencia en la producción orgánica. Por ello, es preciso realizar mejoras tecnológicas en el uso de agua agrícola.

7.2 Limitaciones del estudio

Una limitación del estudio es que se empleó muestras de suelo de 4 productores representativos de la población estudiada (según agricultor orgánico y convencional y distrito) que fueron extrapoladas al resto de agricultores considerados en la muestra. Esto debido al alto costo que hubiera implicado tomar 160 muestras de suelo.

Otra limitación es que la valoración para el uso del agua agrícola hace referencia sólo a costos por cantidad de agua, sin embargo el valor no representa los costos por reducción de la calidad de agua. Si se empleara una metodología que incorpore la pérdida por calidad agua, podría arrojar resultados más concretos pero los obtenidos en esta investigación son una buena aproximación.

Por último, la valoración económica de los ingresos han sido medidos sólo por venta de café en el mercado y no por ejemplo por externalidades positivas de la producción orgánica como conservación de biodiversidad o captura de carbono, lo cual hubiera implicado el uso de otras metodologías más complejas.

7.3 Recomendaciones

Con respecto a la adopción tecnológica.

Los resultados obtenidos en los modelos de adopción tecnológica revelan una mayor sustentabilidad pues fueron relevantes no sólo las variables estructurales sino también las actitudinales. Así todos los agricultores (que reciban asistencia técnica) y no sólo aquellos de mayores ingresos podrían adoptar la producción orgánica. Por ello, las políticas públicas deberían dirigirse a garantizar adecuados servicios de asistencia técnica y capacitación. Ello conlleva a mejorar la oferta de dichos servicios a través de por ejemplo formación de extensionistas locales, ya que su rol es importante en el proceso de adopción de las prácticas orgánicas, por ello es importante que conozcan la problemática particular de cada ámbito. Un aspecto a resaltar es que el rol del extensionista hoy en día en el Perú, y en particular en Piura, trasciende a la asesoría personalizada abarcando un rol de articulación a las cadenas productivas con el propósito de integrar en ellas a los productores en condiciones equitativas y competitivas conjuntamente con los agentes comerciales y compartiendo riesgos y beneficios a través de la implementación de planes de negocios.

Otros elementos a tener en cuenta para los servicios de extensión son las adecuadas metodologías empleadas y el fortalecimiento de Escuelas de Campo. Para el primer caso se sabe de diversas experiencias que las pasantías que influyen en la motivación de productores que se refleja en la propensión a innovar que como se ha visto aumenta la probabilidad de adopción de prácticas orgánicas.

Para el segundo caso, es necesario fomentar la creación de Escuelas de Campo, ya que en gran medida garantizan el éxito del servicio ofrecido pues aseguran una extensión más constante y frecuente y no esporádica ya que como se ha verificado la frecuencia de la asistencia técnica también aumenta la probabilidad de adopción de la agricultura orgánica. Adicionalmente, los servicios de extensión son claves pues son los que brindan la información de técnicas de conservación y ventajas ambientales de emplear las prácticas orgánicas que aumentan (como también se ha constatado) la probabilidad de adopción.

El acceso al crédito constituye otro factor relevante, lo cual implica que es necesario que se dinamicen los servicios financieros para la agricultura. La estrategia (últimamente priorizada por el Ministerio de Agricultura en el Perú) de co-financiamiento público-privado a través de fondos concursables para inversión capacitación, algunos insumos y equipos a Asociaciones de Productores, no es suficiente pues limita la inversión en ciertos rubros requeridos por los agricultores además que en muchos casos genera trámites complicados. Así, se hace necesario por ejemplo potenciar las estrategias de otorgamiento crediticio de Agrobanco a través de la priorización de cadenas productivas como la producción orgánica.

La asociatividad juega un rol importante para la organización de la oferta y acceso a servicios para la agricultura en general. Por ello, las políticas públicas de promoción deben promover modelos de organización acordes a las necesidades de los agricultores que vayan más allá de la dinámica gremial y más bien se centren en los aspectos de mercado a través de la implementación de gerencias comerciales.

Por último, las políticas públicas de promoción de prácticas orgánicas deberían ser estructuradas en los tres servicios planteados: servicios de extensión, servicios financieros y asociatividad. Esta política pública de carácter nacional obviamente debe tener características específicas de acuerdo a las particularidades de cada zona que depende de los actores y dinámicas sociales particulares. El reto entonces es que estos tres servicios deben estar articulados promoviendo una dinámica local integral para el desarrollo local sustentable.

Con respecto a la eficiencia técnica

Los resultados referidos a la eficiencia técnica, evidencian una mayor eficiencia de los productores convencionales que de los orgánicos (0.76 frente a 0.63). Esto denota mayores rendimientos por factor de la agricultura convencional sobre la agricultura orgánica. Los valores de eficiencia técnica promedio para países en desarrollo que encontraron Bravo-Ureta y Pinheiro 1993, fue de 72%. Considerando este valor el café convencional en Perú tiene una eficiencia técnica por encima de este valor promedio, no en cambio el café convencional. Si se considera la eficiencia técnica obtenida en Colombia, se puede afirmar que los valores de café en Perú ya sea de café convencional y café orgánico son bastante aceptables, considerando que Colombia presenta mayores rendimientos además de tener mayor inversión de parte del Estado. Asimismo, en este estudio no se

consideró variables ambientales, lo cual haría suponer que podría ser un valor sobreestimado. En general a partir de estos datos se puede mencionar que la eficiencia técnica para el caso del café orgánico se encuentra de un promedio aceptable que podría mejorarse principalmente respecto mano de obra y cantidad de agua que son los insumos en que difieren drásticamente con el café convencional y en los que se reportó ineficiencia técnica.

Con respecto a la eficiencia económica

Al medir la eficiencia económica se constata que no hay variación significativa entre ambas tecnologías. Los resultados varían según los escenarios, por ejemplo cuando no se emplean variables ambientales la eficiencia económica de la agricultura convencional es ligeramente mayor que la orgánica. Al incorporar las variables ambientales, la eficiencia económica de la agricultura orgánica es mayor que la convencional inclusive cuando se elimina el diferencial por precio. Estos resultados denotan que es necesario incorporar variables ambientales en el análisis de beneficios obtenidos por los distintos cultivos agrícolas pues sino se estaría sobrestimando valores.

Adicionalmente, es necesario realizar estudios más profundos que incorporen la medición de la calidad del agua para un mejor análisis de costos y también sería conveniente que en estudios posteriores se incorpore la valoración de beneficios ambientales como incrementos en la biodiversidad o captación de CO₂ que seguramente incrementaría los beneficios de la agricultura orgánica frente a la convencional.

Bibliografía

Aigner DJ, CHU SF. On Estimating the Industry Production Function. American Economic Review 58, 1968.

Aigner, DK, Lovell AK, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. Journal of Econometrics, 6, 21-37; 1977.

Ajayi, O.C. User acceptability of sustainable soil fertility technologies: lessons from farmers' knowledge, attitude and practice in Southern Africa, Journal of Sustainable Agriculture, 30, pp. 21-40. 2007.

Altieri, Miguel. Objetivos, principios y métodos que rigen el diseño de agrosistemas sustentables y autosuficientes para campesinos latinoamericanos, 1989.

Altieri M. Bases Agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura Técnica Chile, 74 (4): 371-386. Octubre-Diciembre 1994.

Alvarado F. Balance de la agricultura ecológica en el Perú, 1980 – 2003. Seminario Permanente de Investigación Agraria. SEPIA X.2004.

Álvarez A, Del Corral J, Pérez JA, Solis D. Efecto de la intensificación sobre la eficiencia de las explotaciones lecheras. 2007.

Amemiya, T. Qualitative Response Models: A Survey," Journal of Economic Literature, 19 (December, 1981), 1483-1536.

Arandía A, Aldanondo A. Eficiencia Técnica y medioambiental de las explotaciones vinícolas ecológicas versus convencionales. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros Número 215-216, (115-184). 2007.

Arellanes P, Lee D. The determinants of adoption of sustainable agriculture technologies: evidence from the hillsides of Honduras. International Conference of Agricultural Economist, August 2003.

Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell M, Avilés-Vázquez K, Samulon A and Perfecto I. Organic agriculture and the global food supply Ren. Agr. Food Syst., 22, 86–108. 2006.

Bailey D, Biswas B, Kumbhakar S, and Schulthies K. An Analysis of Technical, Allocative, and Scale Inefficiency: The Case of Ecuadorian Dairy Farms. 1989.

Banco Central de Reserva del Perú. Memorias anuales 1990-2009.

Bell S, Morse S. Sustainability indicators. Measuring the immeasurable? Second Edition, 2008.

Bossel H. Indicators for sustainable development: Theory, method, applications. A report to the balaton group. International Institute for Sustainable Development, 1999.

Bowen R., Young R. Financial and economics irrigation net benefit functions for Egypt's northern delta. Water Resources Research. Vol. 31: 1225-1329. 1985.

Bravo-Ureta B E, Rieger L. Alternative production frontier methodologies and dairy farm efficiency. Journal of Agricultural Economics 41, 215-226; 1990.

Cabrini S, Calcaterra C y Lema D. Costos ambientales y eficiencia productiva en la producción agraria del partido de Pergamino. INTA, 2011.

Calfucura E. Ingreso económico y valoración del medio ambiente. Dialogo LI – Valoración económica en el uso de los recursos naturales y el medio ambiente. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de Cono Sur (PROCISUR)- IICA, Uruguay 1998.

Castilla D, García JJ. El análisis de las fronteras estocásticas: orígenes y desarrollo. 2009.

Chapagain A.K; Hoesktra A.Y.. Water Footprints of Nations. Volume 1. Main Reports. Value of water research report series N° 16. UNESCO-IHE. Institute for Water Education. Noviembre 2004.

Charnes A, Cooper W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research. 1978.

Coelli TJ, Prasada R, O'Donnell CJ, Battese GE. An introduction to efficiency and productivity analysis, second edition. 1998.

Comisión Nacional de Productos Orgánicos. Reglamento técnico para los productos orgánicos, 2003.

Corella. Valoración Económica del Servicio Ambiental Hídrico en la Cuenca Internacional 108, Río Chiriquí, Panamá. Tesis. Panamá. 2004.

Covelli MP, Ferro G, Romero CA. Estimación de frontera de producción para el sector de agua y saneamiento en América Latina. Marzo 2010.

Cristeche y Penna. Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. ISSN 1851-6955. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.2008.

Curtiss J. Technical Efficiency and Competitiveness of the Czech. Agricultural Sector in Late Transition – The Case of Crop Production. Department of Agricultural Economics and Social Sciences. Humboldt University of Berlin, Luisenstr. 56, 10099 Berlin, Germany. 2000.

Daly y Cobb. For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment and a Sustainable Future. 1989.

Davies, B.B., & Hodge, I.D. Farmers' preferences for new environmental policy instruments: determining the acceptability of cross compliance for biodiversity benefits. *Journal of Agricultural Economics*, 57, pp. 393–414.2006.

De Koeijer TJ, Wossink GA, Struik PC, Renkema JA. Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers *Journal of Environmental Management*, Volume 66, Issue 1, September 2002, Pages 9-17

D´Souza G, Cyphers D, Phipps T. Factors affecting the adoption of sustainable agriculture practices. 1993.

Debreu G. The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, 19, 273-292. 1951.

Defrancesco E, Gatto P, Runge F, Trestini S. Factores que afectan la participación de los agricultores en las medidas agroambientales: Una perspectiva del norte de Italia. *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 59, No. 1, 2008, 114–131.

Dhebibi Boubaker. “Productive Efficiency in Water Usage: An Analysis of Differences among Citrus Producing Farm Sizes in Túnez” Department of Agricultural Economics, Túnez.2011.

Diederer P, Meijl HV, Wolters A, Bijak K. Innovation adoption in agriculture: Innovators, early adopters and laggards. 2003.

Drechsel P, Gyiele L. The economic assessment of soil nutrient depletion: Analytical issues for framework development. International Board for Soil Research and Management. Issues in Sustainable Land Management no. 7. Bangkok: I BS RAM. 1999.

Drechsel, Giordano y Gyiele.Valuing nutrients in soil and water: concepts and techniques with examples from IWMI studies in the developing world. International Water Management. 2004.

Farrell M J. The measurement of productive efficiency. London: Journal of Royal Statistical Society, 120(3), 253-281. 1957.

Freebairn D. K. Did the Green Revolution Concentrate Incomes? A Quantitative Study of Research Reports.World Development Volume 23, Issue 2, February 1995, Pages 265–2.

Garrod G, Willis K. Economic Valuation of the environment. Methods and case studies.1999. Edward Elgar.

Gastaldi L, Galetto A, Lema D. Lecheria en areas con restricciones edáficas y climáticas. Eficiencia técnica y potencial productivo. Asociacion Argentina de Economia Agraria. Septiembre 2007.

Genius M, Pantzios CJ, Tzouvelekas V. Information acquisition and adoption of organic farming practices. 2006.

Greene W. Análisis Econométrico. Editorial Prentice Hall. 1999.

Hartwick J. Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. American Economic Review. 1977.

He X, Huhua C, Fengmin L. Factors Influencing the Adoption of Pasture Crop Rotation in the Semiarid Area of China's Loess Plateau. *Journal of Sustainable Agriculture* Volume 32, Issue 1, 2008.

Idiong. Estimation of Farm Level Technical Efficiency in Smallscale Swamp Rice Production in Cross River State of Nigeria: A Stochastic Frontier Approach. 2007

Iguíñiz JM. Cambio tecnológico en la agricultura peruana en las décadas recientes: enfoques, resultados y elementos. Editores: Iguíñiz Javier, Escobal Javier y Degregori Carlos Iván. Seminario Permanente de Investigación Agraria, Lima. 2006; N° XI: 19-51.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. El productor agropecuario: Condiciones de vida y pobreza. 1998.

International Fund for Agricultural Development-IFAD. The adoption of organic agriculture among small farmers in Latin America and the Caribbean. 2003.

Izac MN, Swift MJ. On agricultural sustainability and its measurement in small-scale farming in sub-Saharan Africa. 1994.

Jaime MM, Salazar CA. Social capital and technical efficiency of wheat small farmers in the Bío Bío region (Chile). September 2009.

Jiménez L. Costo de Oportunidad y Externalidades en el Valor Económico del Agua. ISBN: 978-603-4011-09-0. Asamblea Nacional de Rectores. Lima. 2008.

Jondrow J, Lovell I, Materov S, Schmidt P. On the estimation of technical efficiency in the stochastic production function model. London: *Journal of Econometrics*, 19: 233–238; 1982.

Junta Nacional del Café.

Agenda cafetalera Perú 2011.

Directorio cafetalero 2010.

El cafetalero Año 8, número 35, diciembre 2010.

Karagiannis G, Vangelis T. Self-Dual Stochastic Production. *Frontiers and Decomposition of Output Growth: The Case of Olive-Growing Farms in Greece.* 2001.

Karagiannis, Tzouvelekas & Xepapadeas. "Measuring Irrigation Water Efficiency with a Stochastic Production Frontier: An Application to Greek Out-of-season Vegetable Cultivation" *Environmental y Resource Economics*. 2003.

Knowler, D. & Bradshaw, B. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research, *Food Policy*, 32, pp. 25–48.2007.

Koopmans T C. Activity analysis of production and allocation. New York: Wiley; 1951.

Kumar, P. The economic of ecosystems and biodiversity ecological and economic foundations. 2010.

Lee DR. Agricultural sustainability and technology adoption: issues and policies for developing countries. 2005.

Lema D, Delgado G. Productividad y fuentes de eficiencia técnica en apicultura: estimación de fronteras estocásticas de producción con datos de panel. 2000.

López R. Conceptos, enfoques metodológicos y estimaciones del valor económico del agua en diversos usos directos en Nicaragua. *Global Partnership Central America*. Nicaragua, 2004, 54p. En: <http://www.docstoc.com/docs/3271966/Enfoques-metodológicos-y-estimaciones-del-valor-económico-del-agua>. Consultado el 23 de junio del 2011.

Manchado, J. La sustentabilidad en la agricultura pampeana: Valoración económica del balance de nutrientes para las principales actividades agropecuarias extensivas en la Región Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires.2010.

Marschak J, Andrews WJ. Random Simultaneous Equations and the Theory of Production. *Econometrica*, 12, 143-205. 1944.

Meeusen & Van Den Broeck. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 1977 – JSTOR.

Ministerio de Agricultura. Proamazonia, boletines agrarios estadísticos mensuales: enero 2002-diciembre 2009.

Novella R, Salcedo R. Determinantes de la adopción de tecnologías de producción orgánica: El caso del café. Editores: Iguñiz Javier, Escobal Javier y

Degregori Carlos Iván. Seminario Permanente de Investigación Agraria, Lima. 2006; N° XI: 57-90.

Pearce D, Atkinson G. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), University College London, Gower Street, London, WC1E 6BT, UK. 1993.

Pearce, E Barbier, A Markandya. Sustainable development: economics and environment in the Third World. 1990.

Perdomo JA, Hueth D. Funciones de producción y eficiencia técnica en eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico, agosto 2010.

Perdomo JA, Mendieta JC. Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetalero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. Revista Desarrollo y Sociedad, Universidad de los Andes-CEDE. 2007.

Perret SR, Stevens JB. Razones Socio-económicas de la baja adopción de tecnologías de conservación de agua por los pequeños agricultores en el África meridional: una revisión literaria. Development Southern Africa Vol. 23, No. 4, October 2006.

Pinedo D. Acción colectiva en los Andes: Comunidad y conservación en la cordillera Huayhuash. 2006.

Piñón y Barceló. Salud y escenarios urbanos: Estudio de género. 2005.

Promperu. Produccion organica en el Perú y sus perspectivas. Agosto 2008. Consultado en <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/d546ec3c-b220-4396-a2a7-a509812a8e31.pdf> el 18 de Marzo de 2011.

Rendón Schneir, Eric.. Tesis: “Agroexportación, desempeño ambiental y propuesta de manejo sostenible de recursos hídricos en el Valle de Ica: 1950-2007”, Universidad Nacional Autónoma de México. 2009.

Rodríguez A, Kendall A. Restauración agrícola en los Andes: aspectos socio-económicos de la rehabilitación de terrazas en regiones semi-áridas. II Encuentro sobre Historia y Medio, 2001.

Rogers E. Diffusion of innovations. New York: Free Press. 1962.

Romer, P. "Increasing Returns and Long-Run Economic Growth". Journal of Political.

Sarandón SJ. Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable", SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. 560 pp. 2002.

Schilder E, Bravo-Ureta BE. Análisis de la eficiencia técnica mediante funciones estocásticas de frontera: el caso de la Cuenca lechera central argentina. Reunion Anual de la Asociacion Argentina de Economia Agraria en Huerta Grande. Octubre 1993.

Shen Yaning. "Water and fertilizer efficiency in rice production. Case Study: Krishna River Basin, India" Graduate School of Arts and Sciences, Tufts University. 2012.

Simon S. Sustainability Indicators. 2003.

Sipiläinen T, Lansink A. Learning in organic farming. An application on finnish dairy farms. 2005

Solow RM. A contribution to the theory of economic growth. The Quarterly Journal of Economics, 1956.

Sonnet FH. Eficiencia técnica y escala de explotación en una microzona agrícola de la provincia de Córdoba. Asociacion Argentina de Economía Política – Universidad Nacional de Río Cuarto. 1995.

Sriboonchitta S, Wiboonpongse A. On the Estimation of Stochastic Production Frontiers with Self-Selectivity: Jasmine and Non-Jasmine Rice in Thailand.2004.

Theocharopoulos A, Melfou K, Papanogiotou E. Efficiency in sustainable farming systems: The case of integrated crop management in Greece. 2007.

Timmer P. Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency, Journal of Political Economy 79, 1971.

Torres M, Vergara S. Impacto socioeconómico de los procesos de desertificación y degradación en la IV región de Chile: Una aplicación integrada de técnicas econométricas para la prueba de hipótesis. Editor: Morales, Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales 2005.

Tudela W. Determinantes de la producción orgánica: el caso del café orgánico en los valles de San Juan del Oro – Puno. CIES, Julio 2007.

Turner K, Georgiou S, Clark R, Brouwer R. Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management. FAO. 2004.

United States Environmental Protection. Guidelines for Preparing Economic Analyses. 2000.

Valcarcel M. Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo. Departamento de Ciencias Sociales de la PUCP. Lima, Perú 2006.

Willer H, Menzler M y Sorensen N. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends. IFOAM Bonn; FiBL, Frick; ITC, Genf. 2008.

Xiaosong X, Scott RJ. Efficiency and technical progress in traditional and modern agriculture: evidence from rice production in China. University of Alberta, Canada 1995.

Young R. Measuring Economic Benefits for Water Investment and Policies. The World Bank. Washington, D. C. 118 p. 1996.

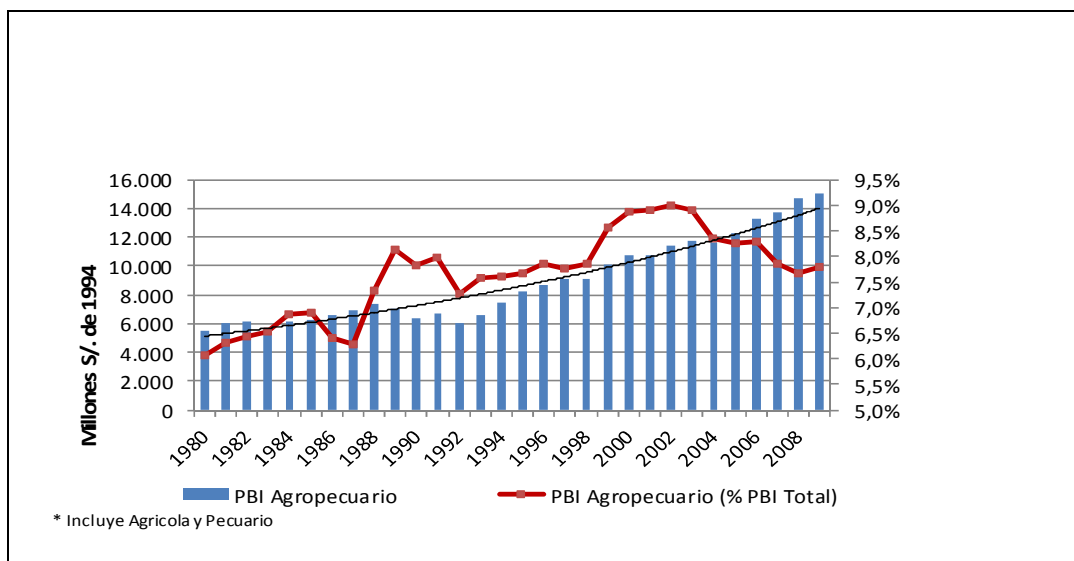
Young R. Determining the economic value of water: concepts and methods. 2005.

Zellner, Kmenta y Dreze. Specification and estimation of Cobb-Douglas production function models. 1966.

Zepeda L. Simultaneity of technology adoption and productivity. 1994

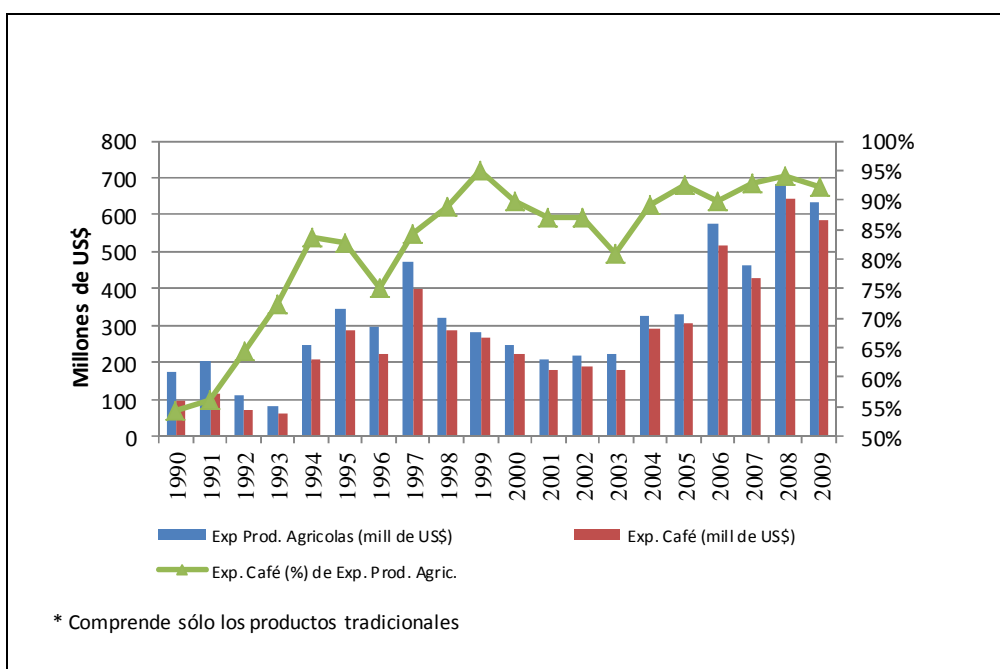
ANEXOS

Anexo 1.1. PIB Agropecuario (Millones de soles)



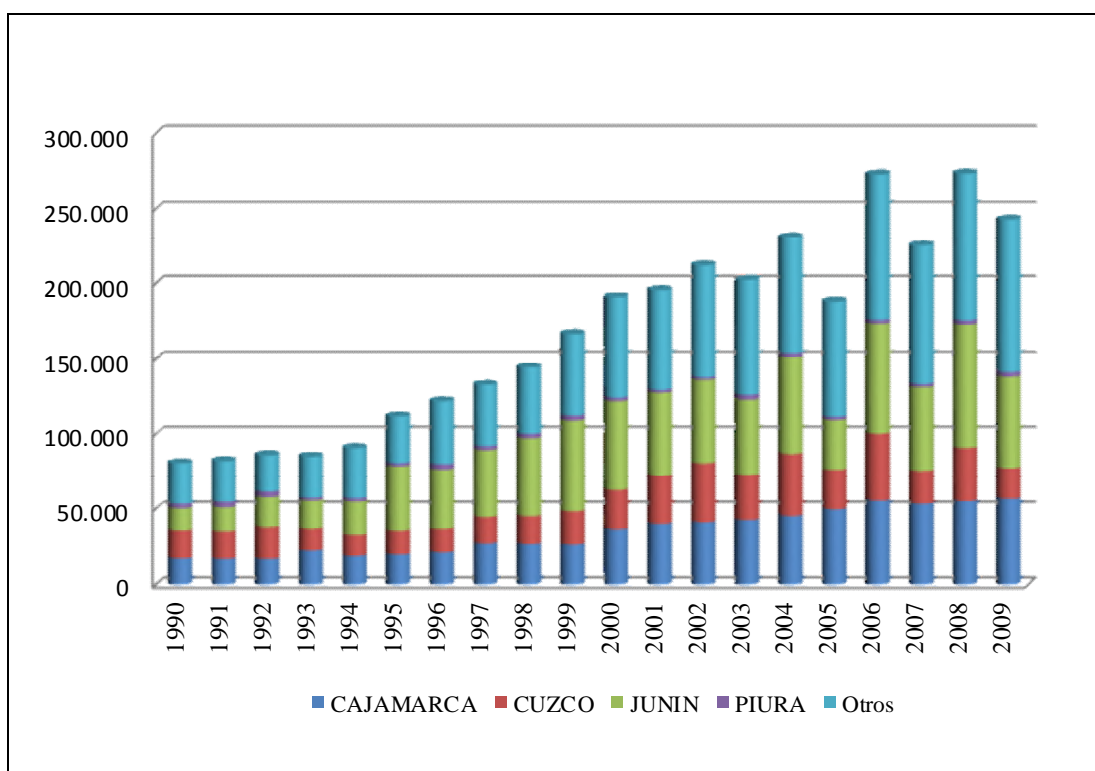
Fuente: INEI y BCRP

Anexo 1.2. Exportaciones de productos agrícolas* y exportaciones de café (en millones de US\$)



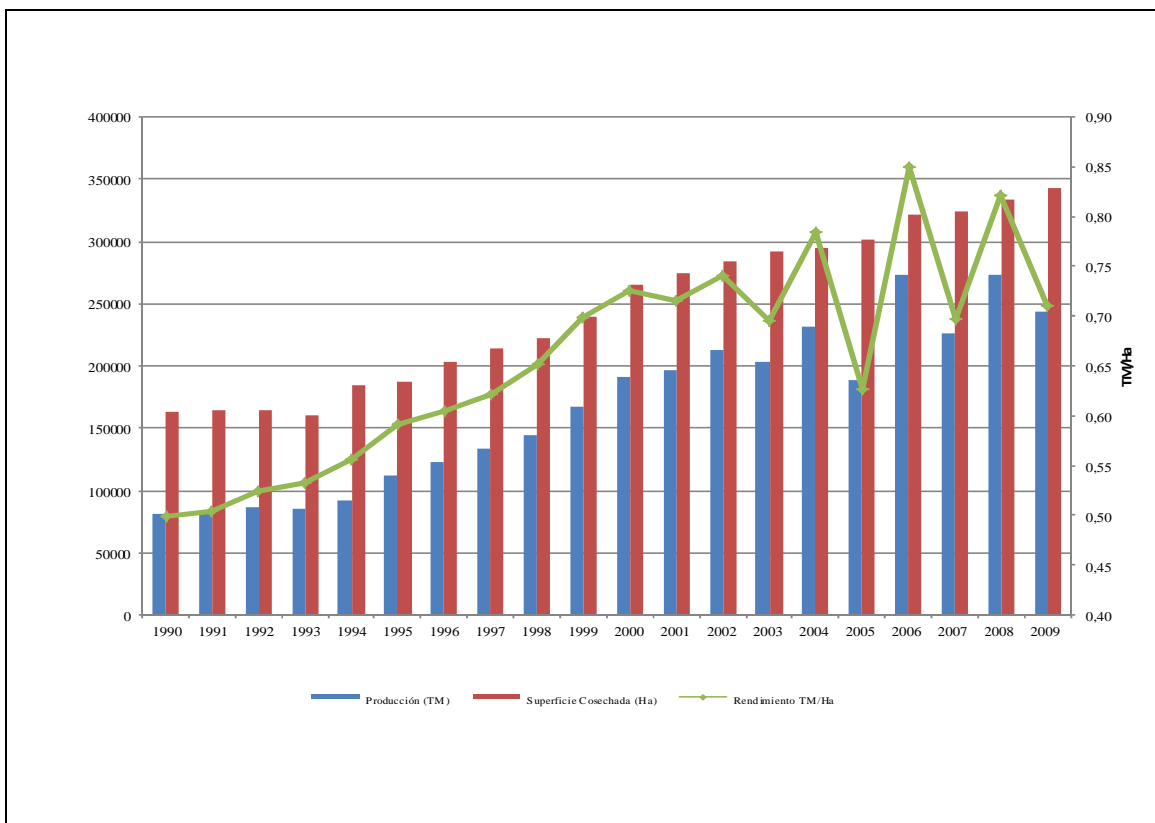
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú-BCRP.

Anexo 1.3. Producción de café según departamento (TM)



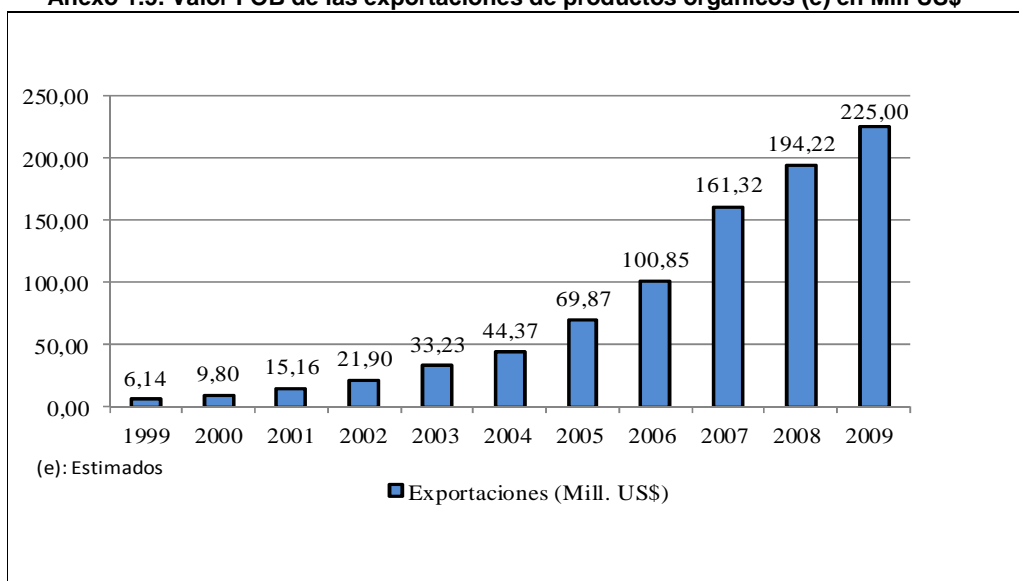
Fuente: Ministerio de Agricultura-MINAG.

Anexo 1.4. Producción (TM), superficie (Ha.) y rendimiento (TM/Ha) de café a nivel nacional 1990-2009



Fuente: MINAG

Anexo 1.5. Valor FOB de las exportaciones de productos orgánicos (e) en Mill US\$



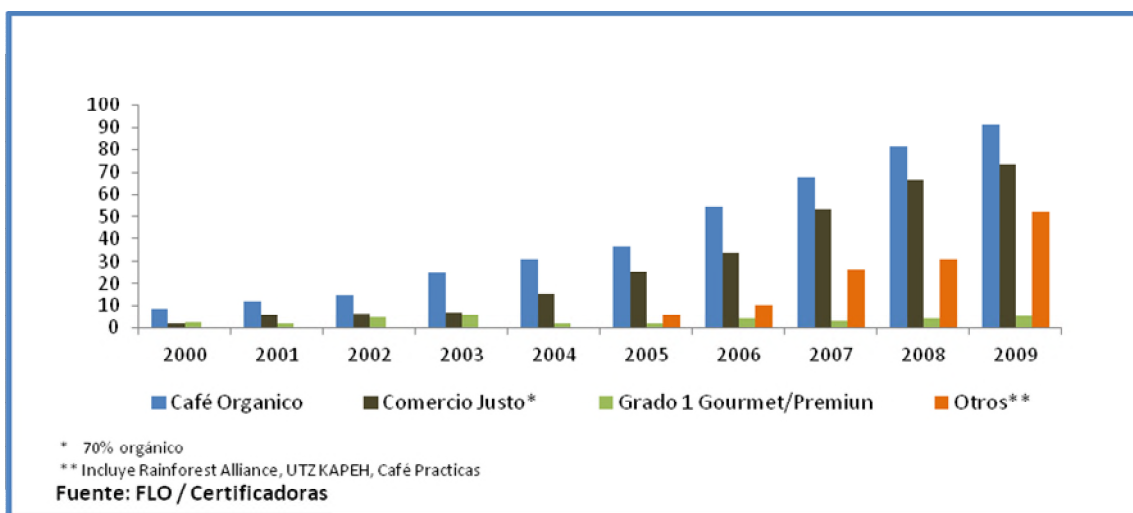
Fuente: ADUANAS y PROMPERU

Anexo 1.6. Valor FOB de las exportaciones de café convencional y orgánico (en Mill. de US\$) a precios corrientes

Año	Total (Mill de US\$)	Convencional (Mill de US\$)	Orgánico (Mill de US\$)	Participación Café Orgánico (%)	Tasa de crecimiento Café Orgánico (%)
2000	223.32	209.80	13.52	6.05%	
2001	180.50	160.67	19.83	10.99%	46.72%
2002	188.09	162.41	25.68	13.65%	29.50%
2003	181.13	143.88	37.26	20.57%	45.07%
2004	289.89	241.37	48.52	16.74%	30.24%
2005	306.66	236.77	69.89	22.79%	44.04%
2006	515.04	412.75	102.29	19.86%	46.36%
2007	426.96	276.48	150.47	35.24%	47.11%
2008	644.18	460.92	183.27	28.45%	21.79%
2009	583.81	361.72	222.08	38.04%	21.18%

Fuente: BCRP, FLO/Certificadoras, Junta Nacional del Café

Anexo 1.7 Valor FOB de las Exportaciones de cafés especiales (Mill. de US\$)

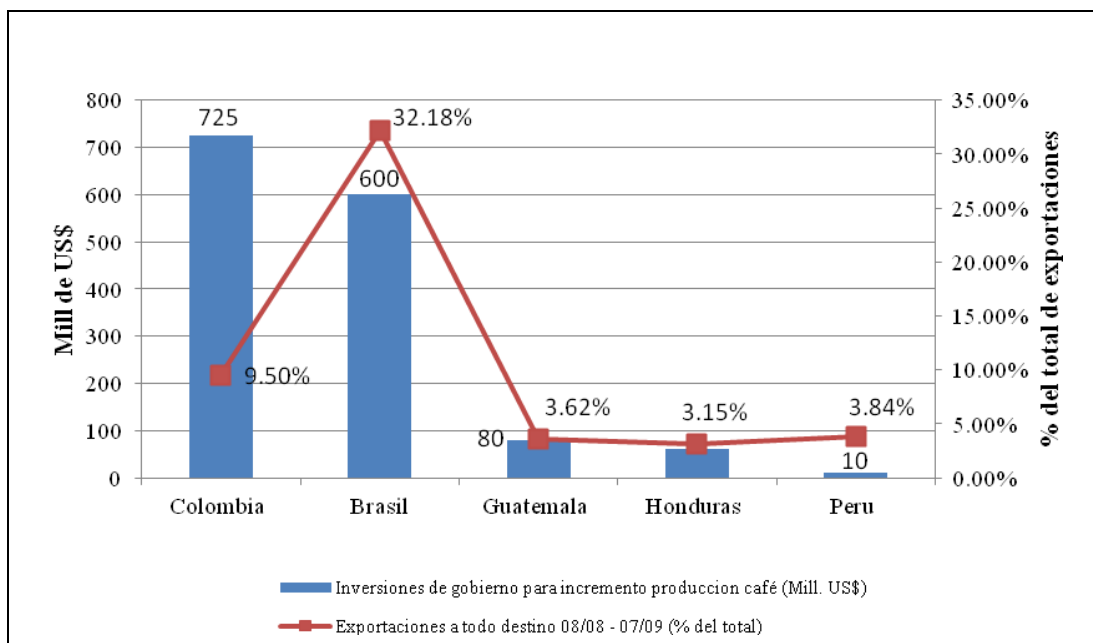


Anexo 1.8. Diferencial entre precio FOB (US\$) de café convencional y orgánico (por tonelada)

Año	Precio FOB (US\$)/TM		Diferencial (%)
	Convencional	Orgánico	
2005	2,077.42	2,477.12	19.24%
2006	2,109.48	2,747.16	30.23%
2007	2,272.68	2,954.09	29.98%
2008	2,826.09	3,010.22	6.52%
2009	2,822.18	3,230.11	14.45%

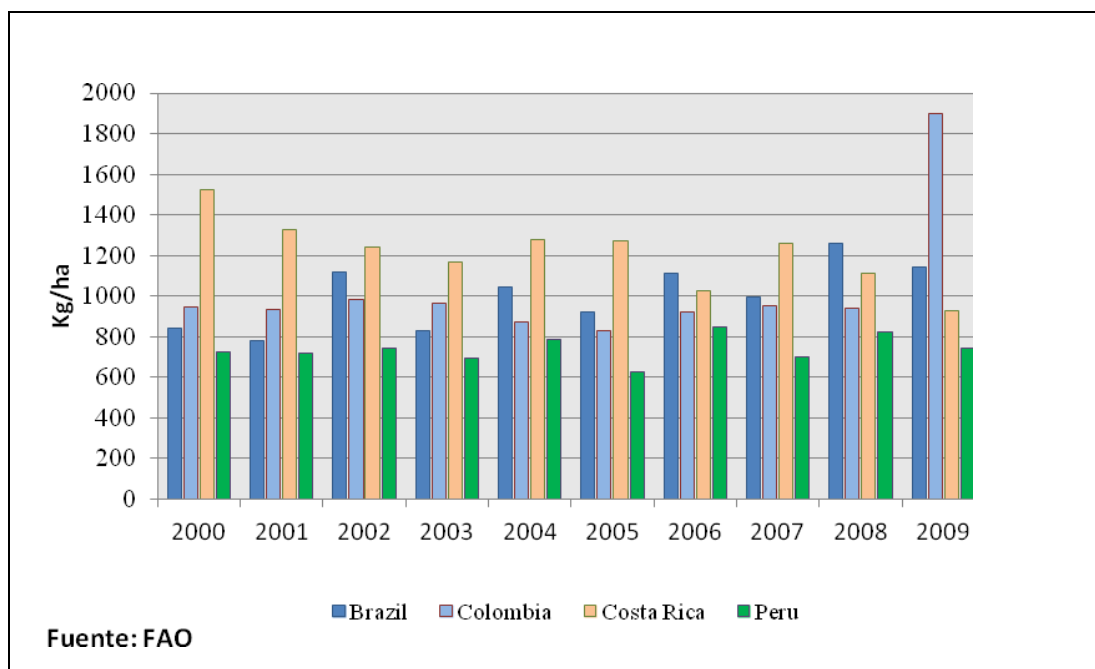
Elaboración propia sobre la base de BCRP y Junta Nacional del Café.

Anexo 1.9. Inversión del gobierno en café (Mill de US\$) y exportación de café por países (%)



Fuente: Junta Nacional del Café (JNC)
Elaboración propia

Anexo 1.10. Rendimiento de la producción de café por países 2000-2009 (kg/ha)



Anexo 2.1. Número de productores agropecuarios y superficie en el Norte del Perú.

Región y Departamento	Productores Agropecuarios (unidades)	%	Superficie (miles de ha)	%
Total Norte	263,503	100.00	2,977	100.00
Tumbes	7,009	2.66	32	1.06
Piura	114,126	43.31	1,218	40.92
Lambayeque	45,646	17.32	1	24.00
La Libertad	96,722	36.71	1,013	34.01

Fuente. INEI, 1998. El productor agropecuario: Condiciones de vida y pobreza.

Anexo 2.2 Importancia de la producción orgánica en Piura al 2008.

Departamento	No de	No de	Área (ha)	Área
--------------	-------	-------	-----------	------

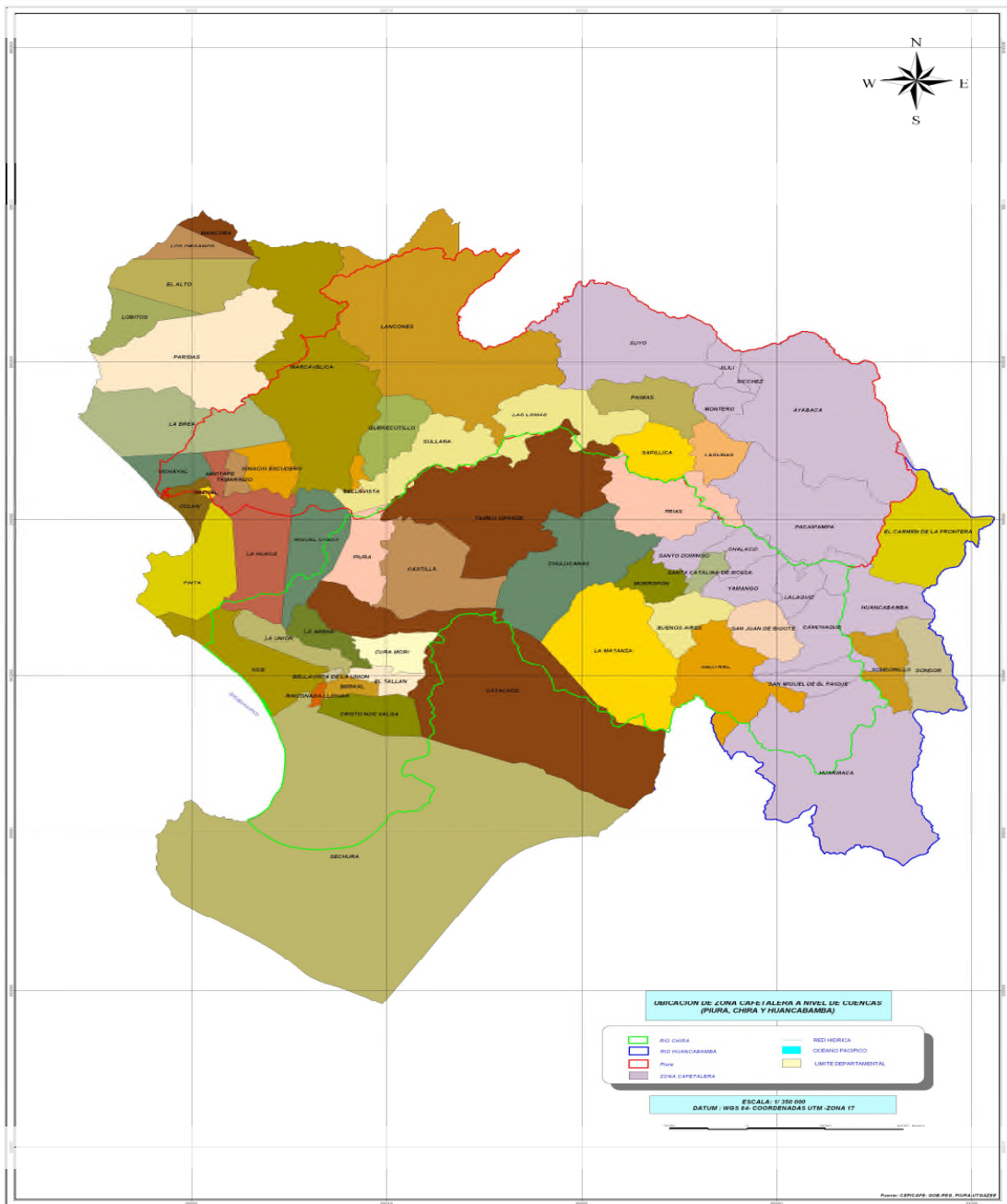
	Operadores Productores		Transición Orgánica		Total (has)
Amazonas	6	1,393	1,776	3,907	5,683
Ancash	6	203	300	503	803
Apurímac					0
Arequipa	13	974	259	832	1,091
Ayacucho	6	1,979	3,282	3,426	6,708
Cajamarca	22	5,433	9,510	7,919	17,430
Cusco	14	5,563	6,451	15,868	22,319
Huancavelica					0
Huánuco	5	2,514	3,045	4,755	7,800
Ica	8	45	72	394	465
Junín	29	4,136	6,871	15,003	21,874
La Libertad	1	46	56	0	56
Lambayeque	9	8,233	17,065	12,155	29,220
Lima	32	159	61	673	734
Loreto	1	1	0	20,000	20,000
Madre de Dios	1	163	0	147,562	147,562
Moquegua					0
Pasco	7	203	158	570	728
Piura	27	7,409	2,145	8,174	10,319
Puno	8	2,948	1,110	5,689	6,800
San Martín	13	3,184	3,852	6,696	10,548
Tacna					0
Tumbes	7	1,307	419	1,836	2,256
Ucayali	3	337	321	1,474	1,795
Total	218	46,230	56,753	257,436	314,191

*Fuente: Organismos de Certificación 2008

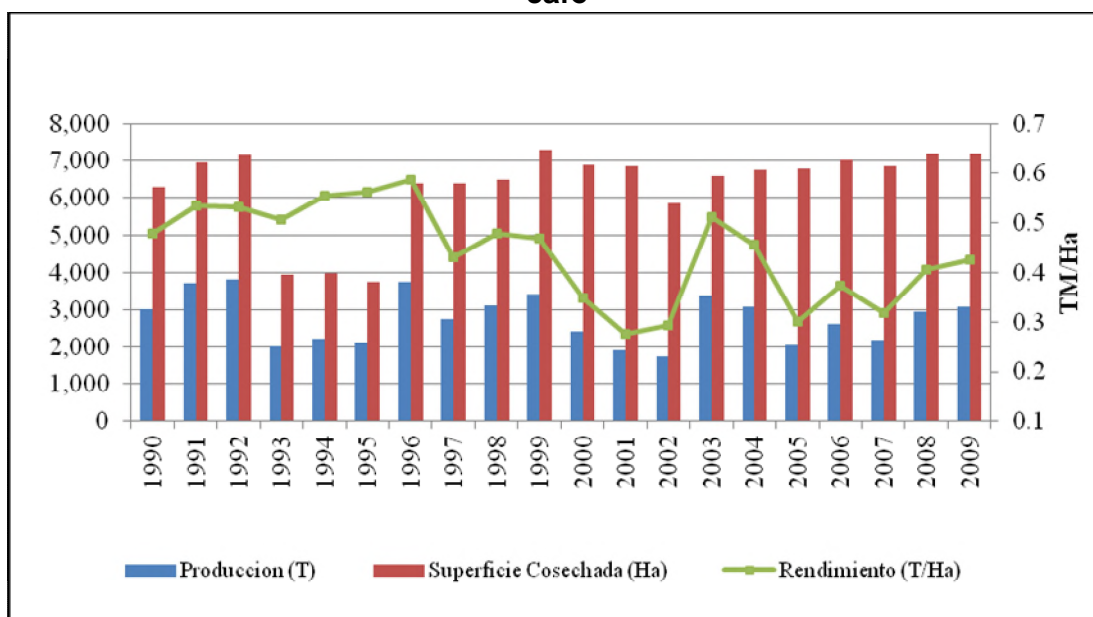
* Los operadores están considerados en cada departamento donde realizar actividad

Elaboración: SPO - DIAIA – SENASA Marzo 2009

Anexo 2.3. Mapa de la zona cafetalera en Piura



Anexo 2.4. Piura: Producción y rendimiento del café



Fuente: MINAG

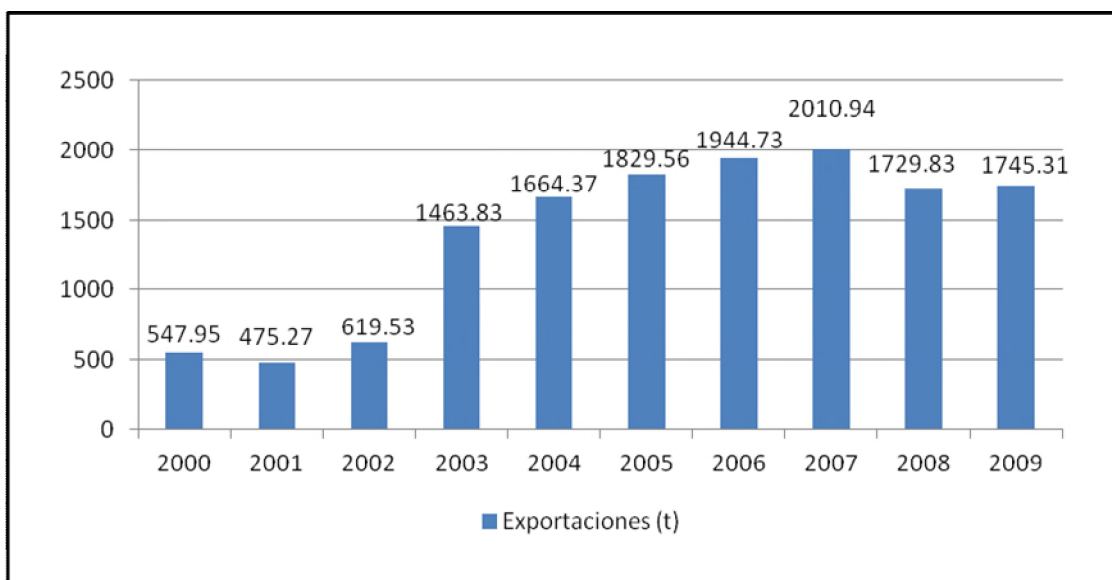
Anexo 2.5. Principales indicadores ambientales de las zonas cafetaleras en el Perú

Indicador	Subindicador	Calificación	Valores	Zona
Clima	Precipitación	Óptimo	1,600 a 1,800 mm/año	VRAE, Quillabamba, Villa Rica, Oxapampa, Lamas y Tocache
		No óptimo	Menor a 1600 mm/año	Piura
	Temperatura	Óptimo	19-23 C	Rodríguez de Mendoza, Bagua, VRAE, San Ignacio, Jaén, Quillabamba
		No óptimo	Por encima de 23	Piura
Suelo	Materia orgánica	Óptimo	2 y 4 %*	Rodríguez de Mendoza, Utcubamba, Bagua, VRAE, San Ignacio, Jaén, Quillabamba, San Juan del Oro, Lamas, Moyobamba y Rioja.
		No óptimo	Por debajo de 2%*	
	PH	Óptimo	4.5 - 5.5	VRAE, Jaén, Satipo, Villa Rica, Oxapampa, San Juan del Oro, Lamas, Moyobamba y Rioja.
		No óptimo	menor a 4.5	Utcubamba, Bagua, San Ignacio, Quillabamba, Tingo María, Chanchamayo y Tocache
Altitud	Altitud	Óptimo	mayores a 1200 msnm	Piura
		No óptimo	Menor a 1200 msnm	Lamas, Moyobamba, Rioja, Utcubamba;

* Porcentaje de Materia orgánica en los primeros 20 cm. de suelo.

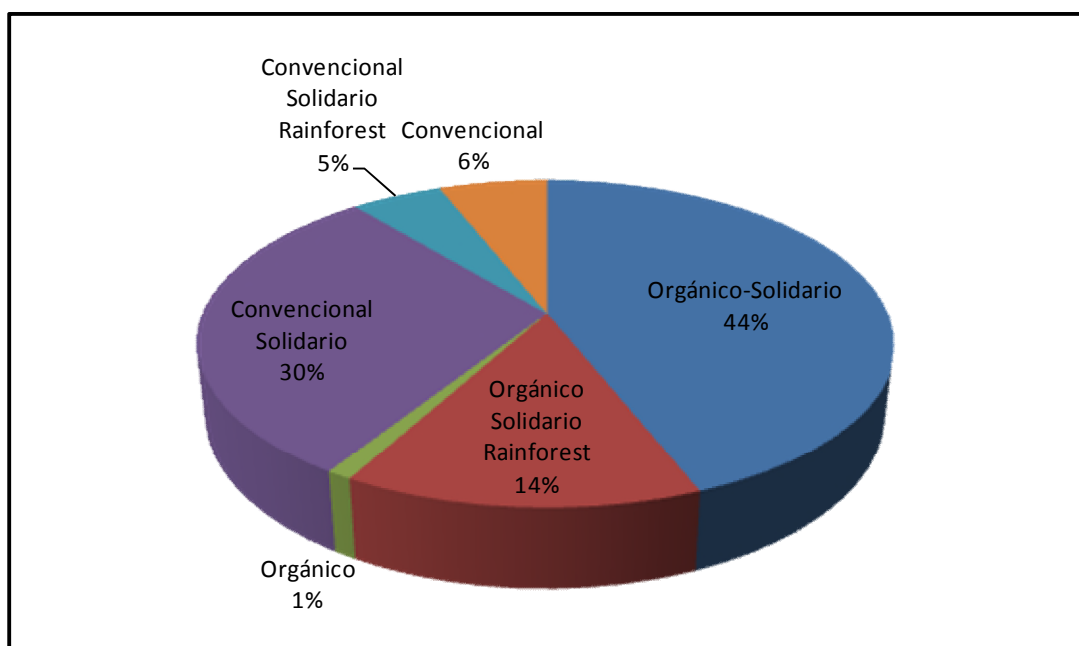
Fuente: Elaboración propia sobre la base de Proamazonía-MINAG, 2003

Anexo 2.6. Volumen de Exportaciones de café realizados por CEPICAFE (TM)



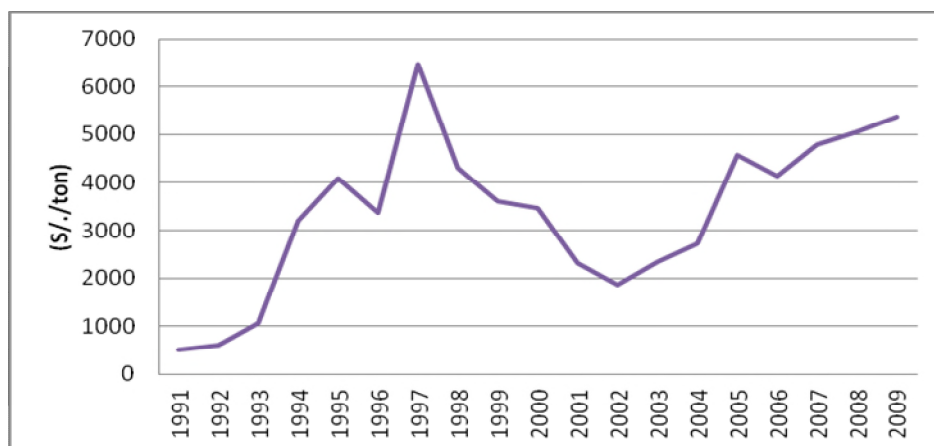
Fuente: CEPICAFE

Anexo 2.7. Total de exportaciones de café por tipo de mercado - campaña 2009 (%)



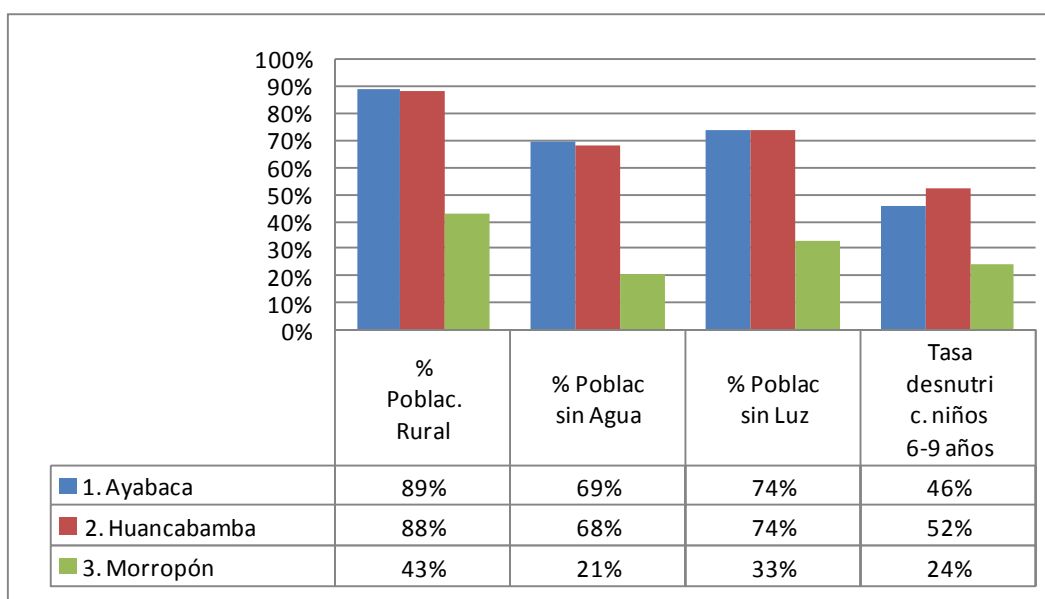
Fuente: CEPICAFE, 2009

Anexo 2.8 Evolución del precio del café (precios corrientes) en S/ por TM



Fuente: CEPICAFE, 2009

Anexo 2.9. Principales indicadores de pobreza de departamento de Piura, según provincias



Fuente: Mapa de Pobreza 2006 (en base al Censo 2007) - FONCODES

Anexo 2.10. Población de productores pertenecientes a CEPICAFE desagregado según orgánicos y no orgánicos, en Piura, 2010.

Número socios orgánicos	Número socios no orgánicos	Número total de socios	Área total en (ha)	Área de café (ha)	Producción de café (kg) total
1,203	730	1,943	7,783.2	3,280,765	1,451,584.4

Fuente: CEPICAFE, 2010.

Anexo 2.11 Principales valores de los Estratos 1 y 2, según variables para la estratificación.

Estratos		Total			Productividad Total (quintales por ha)	Media	Desv. tip.	Mínimo	Máximo
		Número de Asocia.	N	%					
Estrato 1	Total de Agricultores (Orgánicos y No Orgánicos)	21	675	--	5.9	32.14	44.8	9	220
	Número de Agricultores Orgánicos en la Asociación		127	18.8%		6.0	19.1	0	88
	Número de Agricultores No Orgánicos en la Asociación		548	81.2%		26.1	27.9	3	132
	Quintales de Café (producción) (anual por campaña 2010)		4,593.50	--		218.7381	521.6	0	2391.00
	ha de Café		782	--		37.2560	83.6	.125	395.05
Estrato 2	Total de Agricultores (Orgánicos y No Orgánicos)	50	1,258	--	8.5	25.16	13.9	8	82
	Número de Agricultores Orgánicos en la Asociación		1,076	85.5%		21.52	13.7	8	78
	Número de Agricultores No Orgánicos en la Asociación		182	14.5%		3.64	3.3	0	12
	Quintales de Café (producción) (anual por campaña 2010)		21,006	--		420.123	327.6	118.75	1792.00
	ha de Café		2,456.89	--		49.138	31.4	12.50	166.75

Elaboración Propia.

Anexo 2.12. Lista de Asociaciones seleccionadas según estrato, provincia y distrito.

Estratos	Provincia	Distrito	Nombre de la Asociación	Productividad de Café por Asociación (Quintales / ha)	Número de Agricultores Orgánicos	Número de Agricultores No Orgánicos	Muestra. No orgánico para el E1 y orgánico para E2
Estrato 1	HUANCABAMBA	CANCHAQUE	APPAGROP LA ESPERANZA	2.68	8	13	8
			C.A.C JOSE GABRIEL CONDORCANQUI	6.05	88	132	51
			Total				---
Estrato 2	AYABACA	MONTERO	APPAGROP AROMA MONTERINA	8.03	37	5	11
			APPAGROP CHONTA	9.38	18	9	5
			APPAGROP PITE	7.07	18	5	5
			APPAGROP SANTA ROSA DE CHONTA	13.79	21	4	6
	HUANCABAMBA	LALAQUIZ	APPAGROP LA LAGUNA	11.48	37	5	11
			APPAGROP PAPAYO	10.28	30	2	9
			APPAGROP SAN LORENZO	10.86	32	0	9
			APPAGROP ULLMA	10.68	24	0	7
		SAN MIGUEL DEL FAIQUE	APPAGROP EL TAMBO	8.20	26	0	8
			APPAGROP LA CAPILLA	6.20	33	1	10
			APPAGROP SAN CRISTOBAL	6.62	25	0	7
			APPAGROP SANTA ANA	7.61	33	2	10
	Total				334	---	98
TOTAL							157

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2.13

Encuesta Agrícola dirigida a los Productores de Café

N° _____	Fecha de la encuesta:
----------	------------------------------

Provincia	Distrito	Zonal	Asociación
Huancabamba	Canchaque		
	La Laquiz		
	San Miguel del Faique		
Ayabaca	Montero		
Productor		Orgánico	Convencional

I.- DATOS GENERALES Y SOCIO ECONÓMICOS:

- A.** Nombre del Agricultor (miembro activo):
- B.** Sexo: 1) Hombre 2) Mujer
- C.** Edad:
- D.** Estado Civil: 1) Soltero 2) Casado 3) Conviviente 4) Otro
- E.** Tiempo que vive en el lugar o distrito (en número de años)
- F.** Años de experiencia con el cultivo de CAFE: () años
- G.** Grado de Instrucción (ANOTAR EL ÚLTIMO GRADO/AÑO DE ESTUDIO):

1	Sin Instrucción
2	Primaria: Completa (), Incompleta () años
3	Secundaria: Completa (), Incompleta () años
4	Superior Técnica () años
5	Superior Universitaria () años

H. Composición Familiar (número de miembros del hogar):.....

I. En la Unidad Agrícola trabaja constantemente (**opción múltiple**):

- 1) Socio () Cuántos 2) Cónyuge ()
- 3) Hijos (as) () Cuántos 4) Jornaleros () Cuántos

J. El terreno o fundo que usted conduce es:

- 1) Propio con Título de propiedad 2) Comunal 3) Arredandado 4) Otros.....(Especificar)

J1. Si la respuesta es 3):

Forma de pago			Monto del arrendamiento (en soles)
Quincenal	Mensual	Anual	

K. ¿Cuál es la extensión de su terreno?:Hectáreas (ha)/mts2

L. ¿Cuál es la extensión de su terreno en producción agrícola?:ha/mts2

M. ¿Cuál es la extensión del área donde cosecha CAFE?..... ha/mts2

N. ¿Cuenta con acceso a crédito? 1) Si 2) No

N1. ¿Cuál es el nombre de la financiera?

O. ¿Su ingreso promedio mensual familiar en el año 2010 es de? (en soles).....

P. ¿La actividad del CAFE es la principal fuente del ingreso familiar? 1) Sí 2) No

Q. ¿Qué actividades generan sus ingresos familiares (por promedio anual)?

Ingresos	Agricultura-cultivos comerciales (Café y otros productos)	Ganadería	Venta de mano de obra	Artesanía	Servicios	Otros
En Soles						

R. ¿Ha recibido asistencia técnica y/o capacitación sobre la producción y/o comercialización del CAFE en los últimos dos años?

1) Sí 2) No (**pasar a sección II**)

S.1 De qué institución: 1) CEPICAFE 2) Otro (Especifique).....

S.2 Frecuencia: 1) Una vez al año 2) Dos veces al año 3) Más de dos veces al año

S.3 ¿En qué tema?

1) Técnico-productivo 2) Post cosecha
3) Comercialización 4) Producción orgánica

II.- ASPECTOS DE PRODUCCIÓN:

S. Sobre la superficie y producción de CAFÉ y otros cultivos (**Constatar con pregunta L**)

Orden de importancia	Cultivo	Volumen producido				Rendimiento (Kg/ha)
		Cantidad	Unidad (Marcar con un aspa)			
1			qq.	Kg.	Otro (.....)	
2			qq.	Kg.	Otro (.....)	
3			qq.	Kg.	Otro (.....)	
4			qq.	Kg.	Otro (.....)	
Total superficie (Hectáreas)						

T. Sobre los cafetos (plantas):

- 1) ¿Cuántos tiene en promedio por ha?.....
- 2) ¿Cuántos de ellos estuvieron produciendo en la última campaña 2010?.....
- 3) ¿Cuál es la antigüedad (en años) de los cafetos que produjeron en la última campaña?.....
- 4) ¿Cuántos cafetos nuevos ha sembrado el año 2010?.....

U. ¿De dónde provienen las semillas con que produce CAFÉ?

- 1) De la producción anterior
- 2) Las compran..... (**Especificar**)
- 3) Las obtiene mediante instituciones..... (**Especificar**)

III.- COMERCIALIZACIÓN

V. Sobre la venta de CAFÉ de la última campaña (año 2010):

Distribución de la producción																	
CEPICAFE				Intermediarios				Otros				Producción perdida (campaña 2010)					
Cantidad			Precio (S/.)	Total (S/.)	Cantidad			Precio (S/.)	Total (S/.)	Cantidad			Precio (S/.)	Total (S/.)	qq	Kg.	Otro (.....)
qq	Kg	Otro (.....)			qq	Kg	Otro (.....)			qq	Kg	Otro (.....)					

IV. MATERIALES DE USO PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE CAFÉ

W. Las herramientas y otros equipos que usa en la producción de café, en la campaña 2010:

Uso de herramientas y equipos	Cantidad (en unidades)		Alquilado (1) - Propio (2)	Costo unitario	Costo Total
	Kg.	Lts.			
1. Abonamiento (Fertilizantes)					
guano de la isla					
sulfomag					
roca fosfórica					
compost					
humos					
violes					
purines					
fertimar					
Mochila de fumigación		unid.			
2. Beneficio húmedo					
2.1 Despulpado					
Despulpadora manual					
Despulpadora a motor					
2.2 Fermentado					
Cajón fermentado de madera					
Cajón fermentador de cemento					
3. Lavado					
Agua		Litros o m ³			
4. Otro (especifique)					

(1) Si es alquilado, especificar el costo por el servicio.

V. COSTO DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN

X. Complete el siguiente cuadro sobre los costos de producción del CAFE:

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD		COSTO Unitario (Jornaleros) (por día / por quintal / otros)	COSTO Total
		Jornaleros	Asociado y familiares		
				S/.	S/.
A. Producción:					
1. Mantenimiento de la plantación					
- Riego	Jornal				
- Control de malezas	Jornal				
- Abonamiento orgánico	Jornal				
- Manejo de sombra	Jornal				
- Control fitosanitario (trampas)	Jornal				
- Raspa	Jornal				
2. Renovación y rehabilitación					
- Poda de recepa	Jornal				
- Poda de limpieza	Jornal				
- Selección de brotes	Jornal				

3.Certificación orgánica					
- Inspección interna	Jornal				
- Control externo (Biolatina)	Jornal				
B. Cosecha y Post Cosecha					
1. Cosecha					
- Cosecha	jornal				
- Traslado de chacra a beneficio húmedo	Jornal				
2.Beneficio Húmedo					
- Rebalce, despulpado manual y fermentado	Jornal				
- Lavado y seleccionado	Jornal				
- Secado en plataforma	Jornal				
- Selección en seco ensacado y pesado	Jornal				
- Acopio	Jornal				
- Sacos de yute, sacos plásticos	Unidad				
3. Gastos por Transporte					
- Costo de transporte de zona a centro de proceso final (Piura)	qq				
C. Otros Costos					
- Otros Costos					

VI.- VARIABLES AMBIENTALES

SOBRE EL SUELO

Y. ¿Utiliza técnicas de conservación de suelos? 1) Si 2) No (pasar a la pregunta BB)

Z. ¿Qué técnicas de conservación de suelos emplea? Marcar más de una opción.

1) Coberturas vivas 2) Coberturas muertas 3) Zanjas de infiltración 4)
Terrazas de formación lenta 5) Terrazas individuales 6) Composteo

AA. ¿Cuál considera que es la principal ventaja de emplear estas técnicas?
..... (Especificar)

SOBRE EL AGUA

BB. ¿Qué tipo de riego emplea para el mantenimiento de la planta?

1) Gravedad 2) Aspersión 3) Otro..... (Especificar)

CC. ¿Cuál es la cantidad de agua que utiliza en el proceso productivo y de donde proviene?

Etapa	Cantidad de agua		Fuente del agua
	L	m ³	
1. Mantenimiento de la planta			
2. Rebalse			
3. Lavado			
4. Otra			

DD. ¿Emplea pozos de miel? 1) Si 2) No

EE. Referente a la pregunta DD. ¿Cuál considera que es la principal ventaja de emplear esta técnica?
.....

FF. ¿Cuál o cuales de las siguientes prácticas realiza o ha realizado en la última campaña?

Prácticas	Si (√)	No (X)
1) Manejo de desechos inorgánicos		
2) Manejo de aguas residuales		
3) Quema para sembrar nuevas aéreas		
4) Tala indiscriminada		

VII. CERTIFICACION ORGANICA

GG. Posee CERTIFICACIÓN ORGÁNICA:

1) Si (**Pasar a la HH**)

2) No (**Pasar a la LL**)

HH. ¿Desde cuándo tiene certificación?.....años

II. ¿Cuáles fueron las principales dificultades que tuvo para obtener la Certificación Orgánica?

1) No estaba asociado

2) Falta de información

3) Costos

4) Dificultad en la gestión (documentación y registros)

JJ. ¿Cuál es la empresa certificadora de su Café?

KK. ¿Cuáles son las ventajas de la certificación ordenar de 1 más importante a 6 menos importante?

Ventajas	Orden (del 1 al 6)
Precio	
Mercado	
Prácticas para la conservación del suelo	
Uso adecuado del agua	
Biodiversidad	
Acceso a capacitación y asistencia técnica	

LL. ¿Cuáles serían las desventajas de contar con certificación?

1) Costos

2) Tiempo

3) Cumplir con los requisitos

MM. Si respondió No. ¿Cuáles son los aspectos que han impedido que se certifique?

1) Costos

2) Desinformación

3) Tiempo

4) No tiene interés en la certificación

NN. Si tuviera la posibilidad de certificarse lo haría:

1)

Si

2) No

¿Por qué?.....

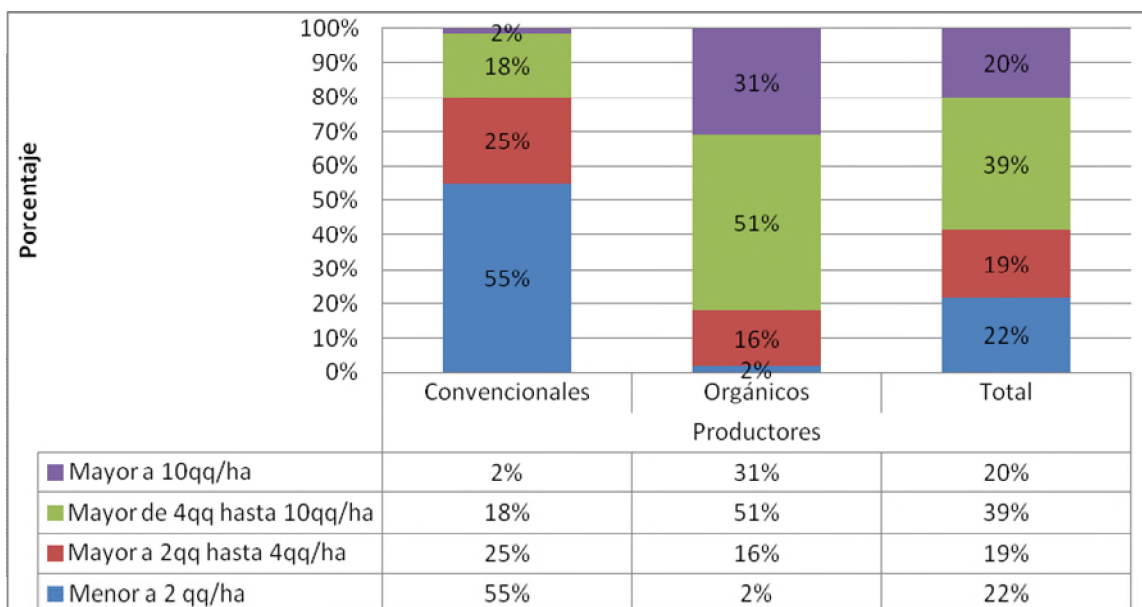
VII.- DATOS DEL ENCUESTADOR y LA ENCUESTA

Nombres y Apellidos:

Encuesta completa: 1) Si 2) No

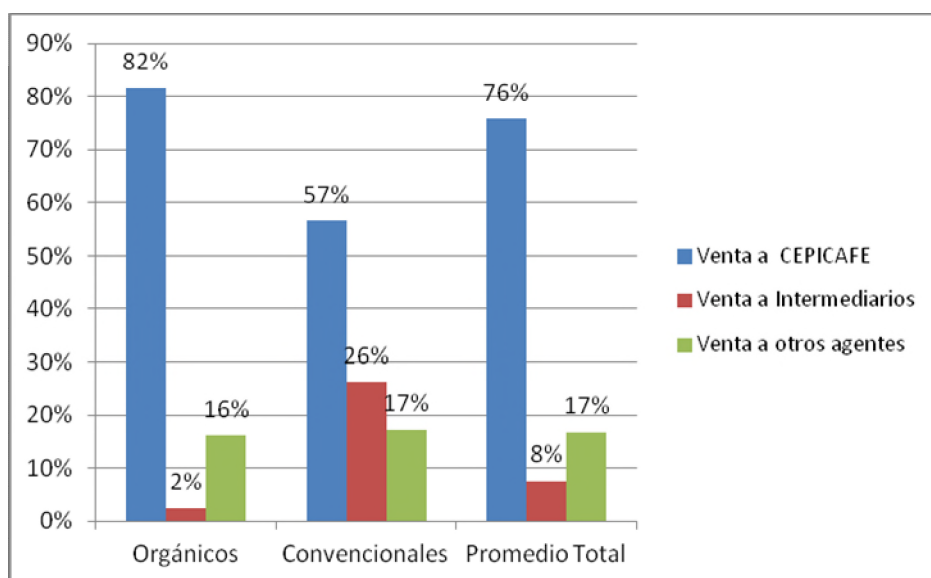
Observaciones generales sobre la encuesta:

Anexo 3.1. Productores de café según rango de rendimiento de café (qq/ha)



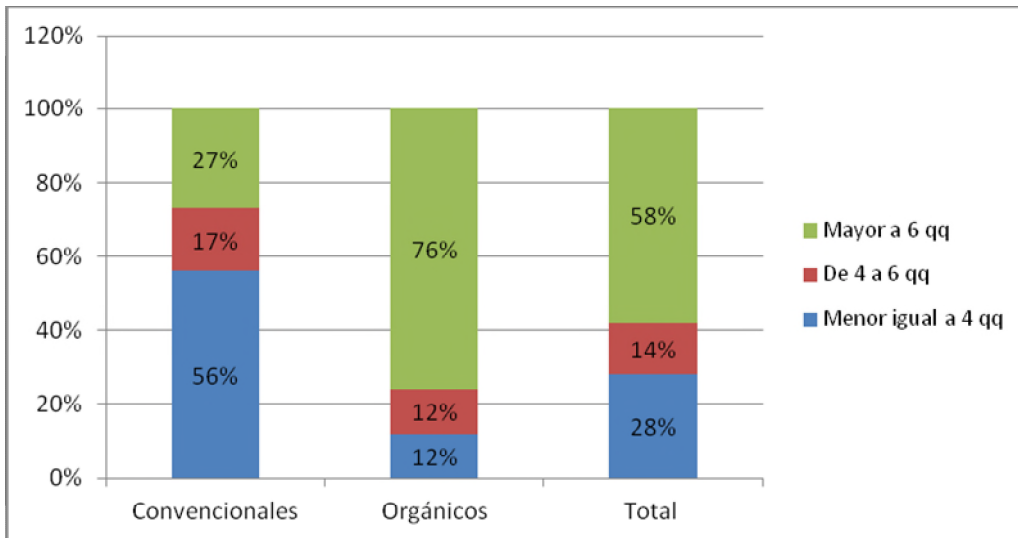
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.2. Productores de café según venta a agentes (%)



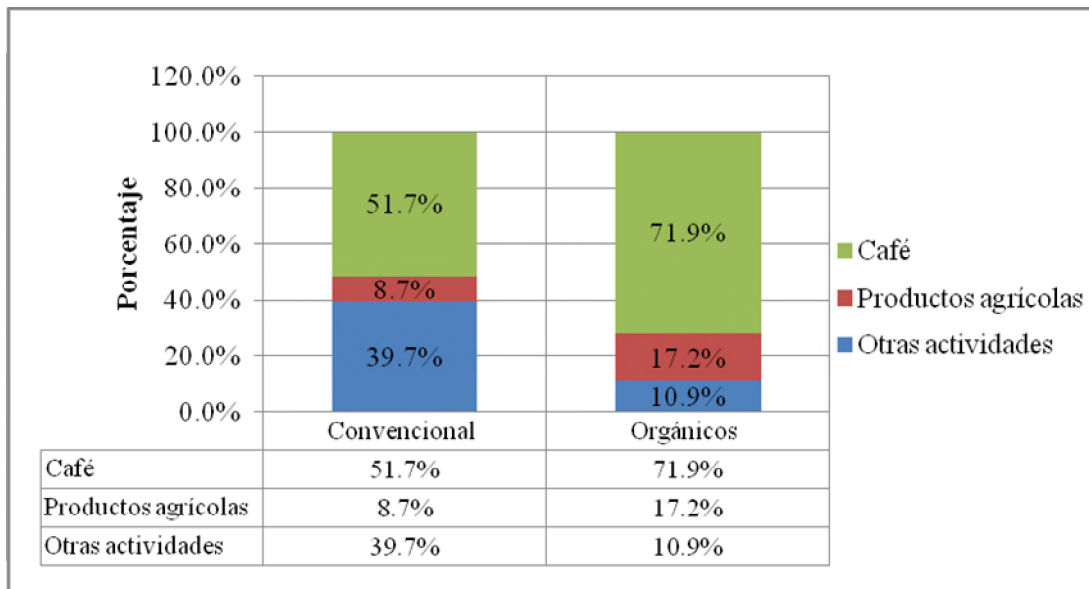
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.3. Productores de café según rango de volumen ofrecido a CEPICAFE en %



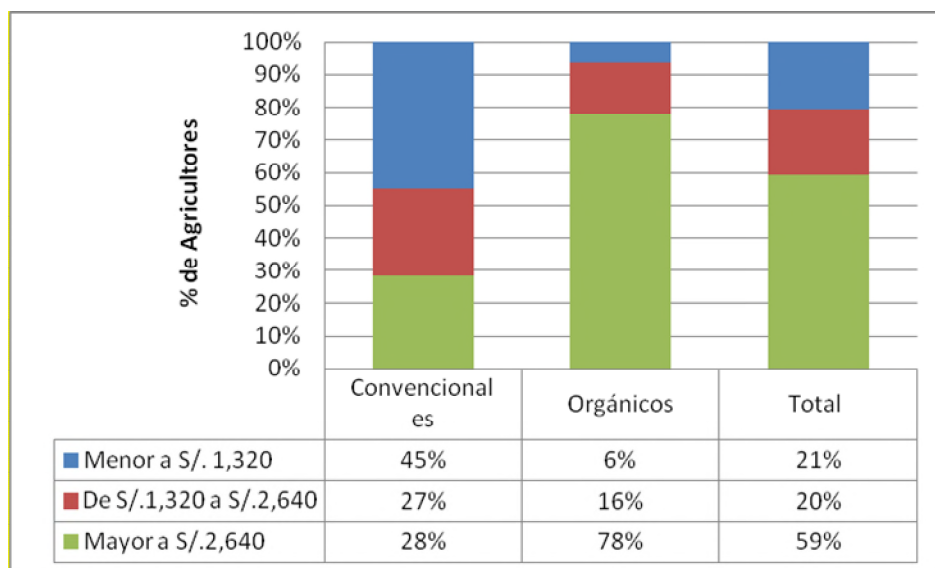
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.4. Productores de café según ingresos provenientes de actividades principales (%)



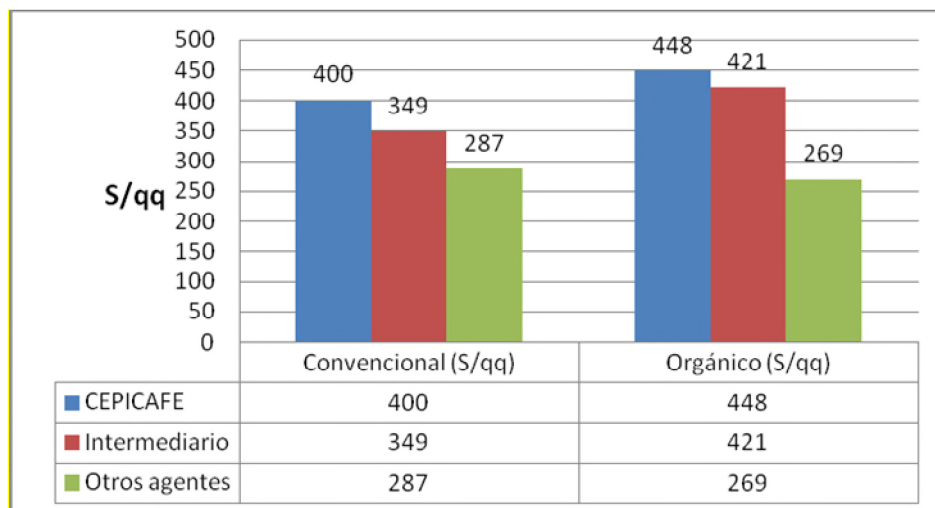
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.5. Productores de café según ingresos (S/ha) por café



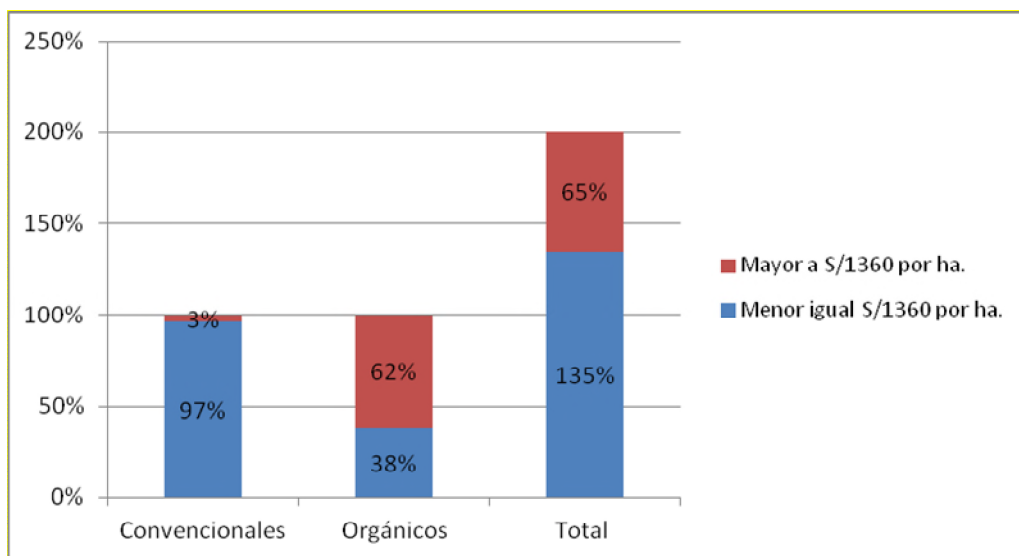
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.6. Precio promedio de café según agente comercializador (S/ por qq)



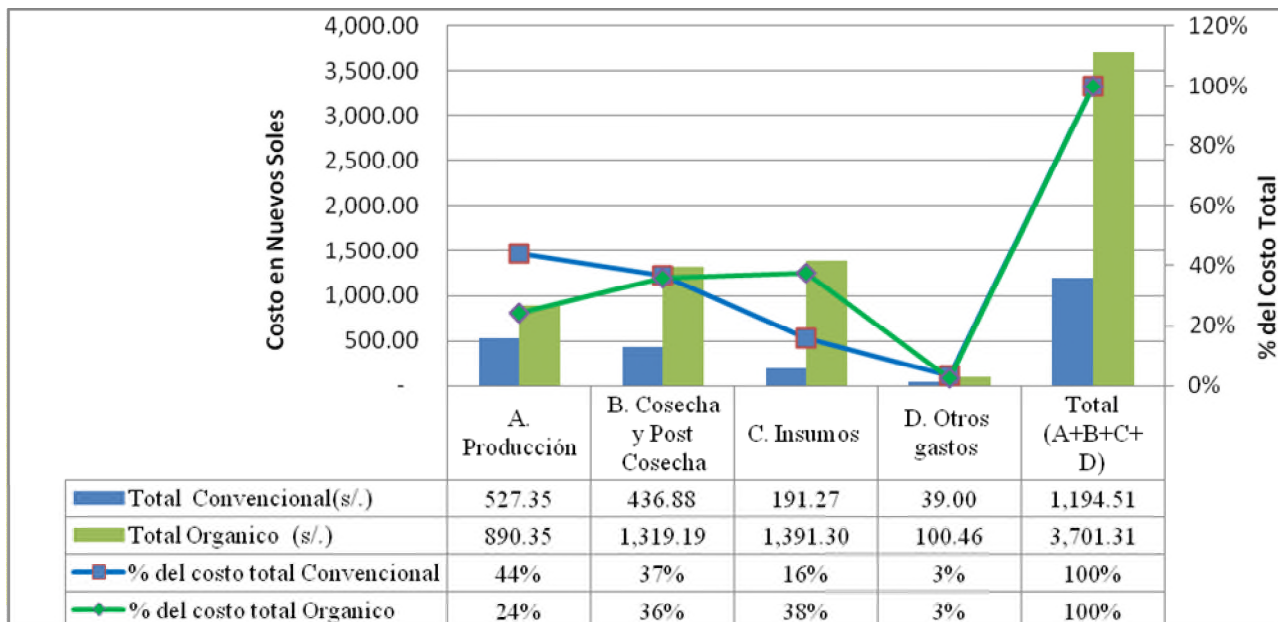
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.7. Productores de café según rangos de costos (S/ha)



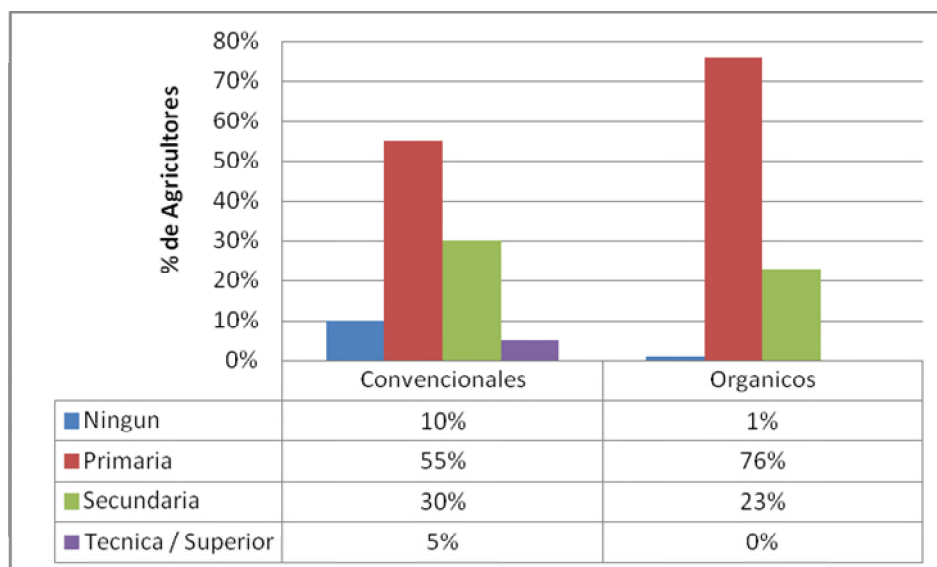
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.8 Costos de producción de café convencional y orgánico por actividad (s/.)



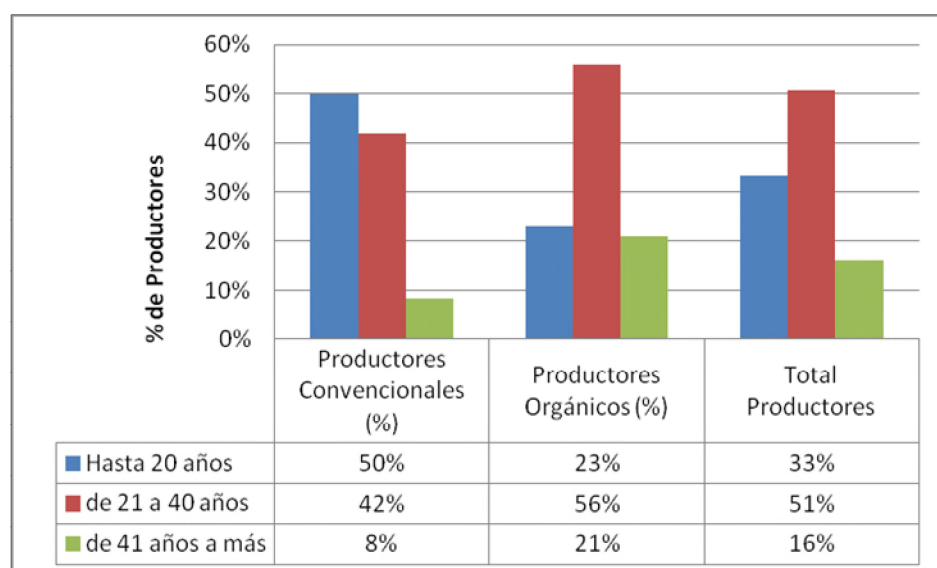
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.9. Productores de café según nivel de instrucción



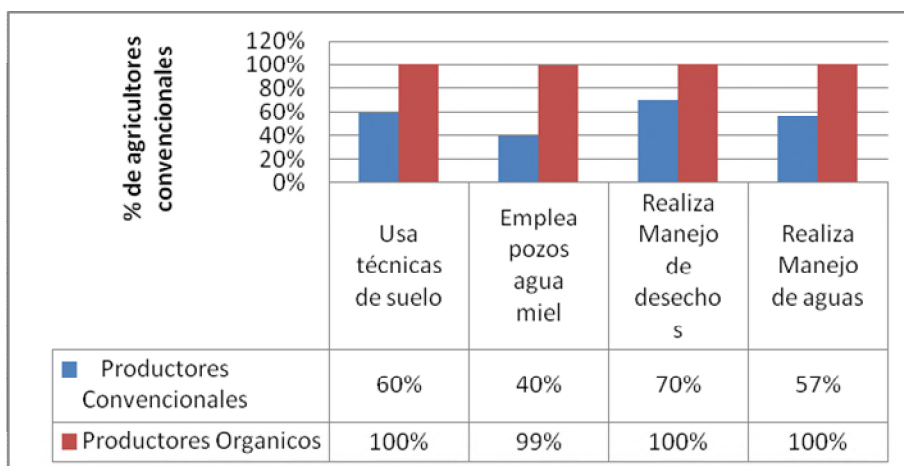
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.10 Productores de café según años de experiencia en el cultivo (%)



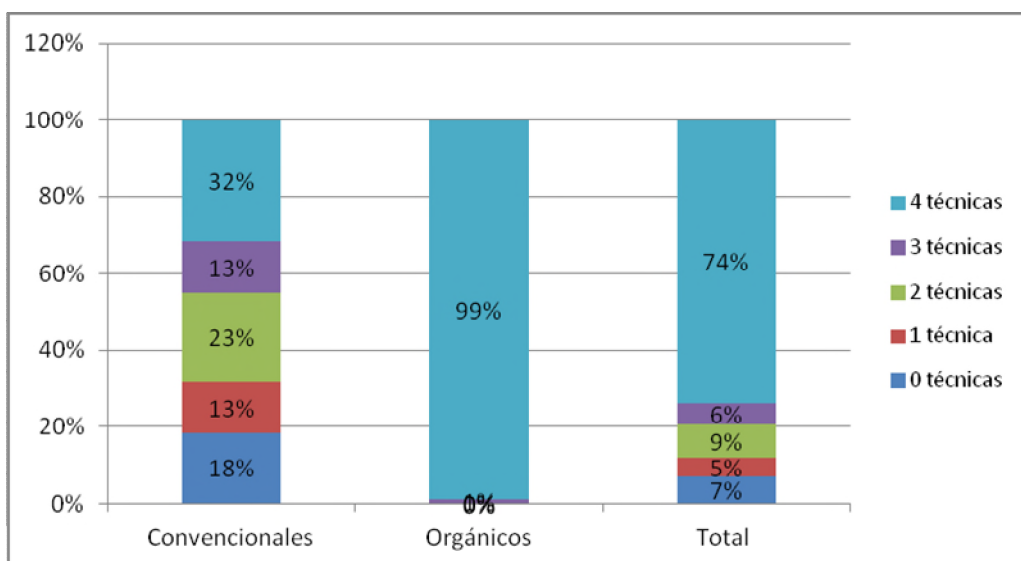
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.11. Productores de café según tipo de técnicas de conservación empleadas (%)



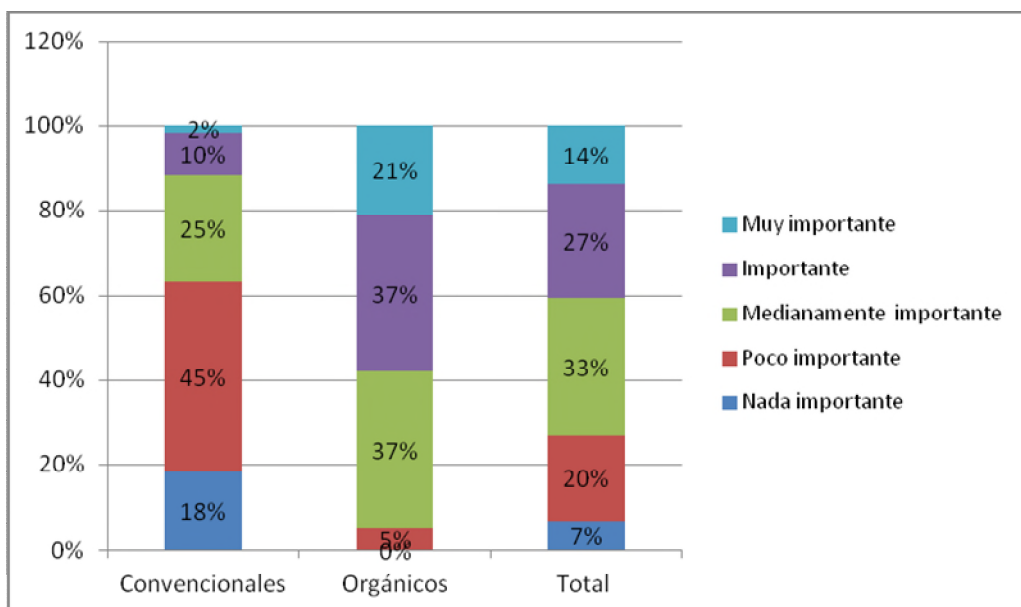
Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.12. Productores de café según número de técnicas de conservación empleadas (%)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta

Anexo 3.13 Productores de café según propensión a innovar



Fuente: Elaboración propia sobre la base de procesamiento de datos encuesta